

This volume was digitized through a  
collaborative effort by/ este fondo fue  
digitalizado a través de un acuerdo  
entre:

Biblioteca General de la  
Universidad de Sevilla

[www.us.es](http://www.us.es)

and/y

Joseph P. Healey Library at the  
University of Massachusetts Boston

[www.umb.edu](http://www.umb.edu)

















Aut 298  
n<sup>o</sup> 171



# OBSERVACIONES

ASTRONOMICAS , Y PHISICAS

HECHAS

DE ORDEN DE S. MAG.

EN

LOS REYNOS DEL PERÙ.





*I.<sup>o</sup> à Palom.<sup>o</sup> sculp.<sup>r</sup> Reg.<sup>o</sup> inv. del. et incidit.*



# OBSERVACIONES

ASTRONOMICAS, Y PHISICAS

HECHAS

DE ORDEN DE S. MAG.

EN

## LOS REYNOS DEL PERÙ

Por **D. JORGE JUAN**, Comendador de Aliaga en el Orden de S. Juan, Socio Correspondiente de la R. Academia de las Ciencias de Paris, y **D. ANTONIO DE ULLOA**, de la R. Sociedad de Londres, ambos Capitanes de Fragata de la R. Armada;

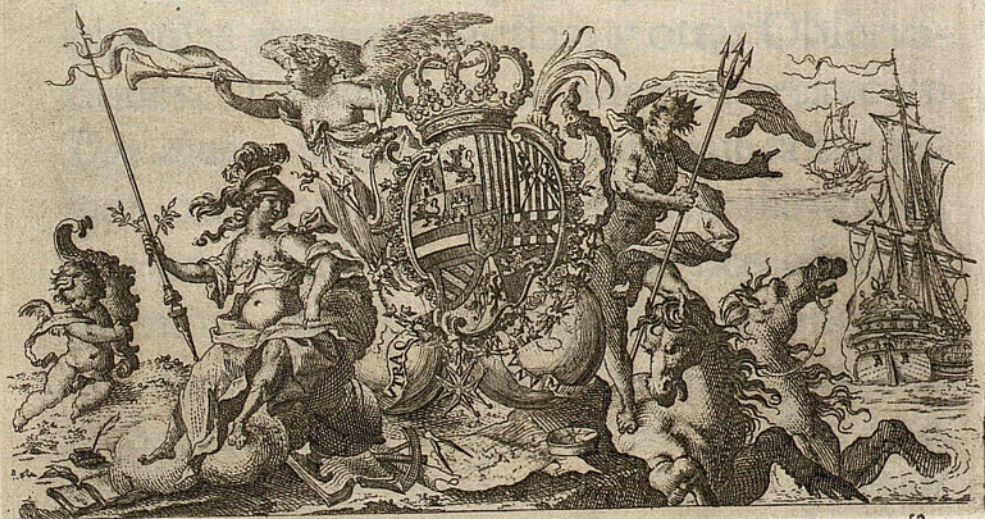
DE LAS QUALES SE DEDUCE

LA FIGURA, Y MAGNITUD

## DE LA TIERRA,

Y SE APLICA

A LA NAVEGACION.



IMPRESSO DE ORDEN DEL REY NUESTRO SEÑOR

EN MADRID

Por JUAN DE ZUÑIGA, Año M.D.CC.XL.VIII.









## PROLOGO.



No de los testimonios mas relevantes del zelo, con que solicitò el adelantamiento de las Ciencias en España el Rey N. S. Don Phelipe Quinto, que està en el Cielo, fuè sin duda la generosa resolucion, con que no solo permitiò passar à sus Reynos de la America Meridional los Academicos Franceses destinados à tomar en ellos la medida del grado terrestre debaxo del Equador; sino que quiso tambien, que los acompañassen Vassallos suyos, que à sus Reales expensas executassen estas, y otras Observaciones. La eleccion de Sugetos recayò en *Don Antonio de Ulloa*, y en mì, que la estimamos, aun mas que por las particularidades, que en tan dilatado Viage se nos ofrecian examinar, por la recomendacion singular, que en sì misma traía tan soberana dignacion.

Salímos de Europa por Mayo de 1735, y estuvimos en ella de regreso, despues de  
dàr



dàr cumplimiento à nuestra comifsion en el de 1746. Pero todo el trabajo de una peregrinacion de once años , hecha con tantas incomodidades , y peligros , como se podrán ver en la parte historica de esta Obra, huviera sido inutil, à lo menos al Publico de nuestra Nacion , por faltarnos la alta proteccion , y amparo del Monarcha , que nos embiò , si yà que à nuestra vuelta , lloramos su falta , no tuvieramos el consuelo de ver sobre su Trono un tan esclarecido Sucessor, aun mas que de su Cetro , y de su Sangre, de su Zelo , y de sus Virtudes. Pues apenas se hallò informado S. M. por el zeloso, y sabio Ministro el Ex.<sup>mo</sup> Señor *Marquès de la Ensenada* de nuestro regresso à *Madrid* , y quan util sería al adelantamiento de las Ciencias , y bien universal de las Naciones de Europa, se publicasse esta Obra , quando no solo dispuso con su Real magnificencia se diese al publico à costa de su Real Erario ; sino que la honrò constituyendose Protector de ella.

En consecuencia de sus soberanas Ordenes , hemos dispuesto nuestro trabajo con la mayor brevedad , que nos ha sido posible;

por



por este motivo, y para mayor claridad, y buen methodo le hemos dividido en dos partes. La una ( de que se ha encargado *Don Antonio de Ulloa* ) contiene la relacion del Viage, Mapas, Descripciones de Países, y noticias de todo lo que se halla de particular en los Reynos del Perú, por donde hemos transitado. La otra, que es la que comprehende este Volumen, ha corrido à mi cargo, y encierra todas las Observaciones Astronomicas, y Phisicas, que executamos, yà para el fin principal de nuestro Viage, yà para otros, que se sirviò ordenarnos en su Real Instrucion S. M.

El principal fin del Viage, fuè el averiguar el verdadero valor de un grado terrestre sobre el Equador, para que cotejado este con el que resultasse tener el grado, que havian de medir los Astronomos, embiados para esto al Norte, se infiriesse sin duda, de uno, y otro, la figura de la Tierra, y demás de su utilidad, se decidiesse de una vez, con tan ilustres experiencias, esta ruidosa question, que ha agitado à todos los Mathematicos, y aun à las Naciones enteras por casi un Siglo.

Pe-



Pero porque al mismo tiempo nos ordenò S.M. que hiciéssemos otras varias Observaciones muy importantes para la Geographía , y Navegacion , teniendo èstas , como tienen , total dependencia de la medida , y figura de la Tierra, y siendo bien, que vayan delante , para desembarazarnos de ellas , y para llegar con las luces necessarias al objeto principal , el methodo , que nos hemos propuesto observar, es el siguiente.

La Introduccion dà una breve idèa de la question principal, y de los motivos cientificos de tan largas, y tan costosas jornadas.

El Libro primero contiene las Observaciones sobre la maxima Obliquidad de la Ecliptica , y determinacion de ella , con la descripcion del Instrumento , con que se hicieron.

El segundo contiene las Observaciones de Latitud hechas en todo el discurso del Viage, con una breve descripcion del Quarto de Circulo, con que se executaron ; y una Tabla de las Declinaciones del Sol para cada 15 minutos de la Ecliptica , con diferencias para cada minuto , y otras , para cada 10 segundos.



gundos de mayor, ò menor Obliquidad, nuevamente calculada, y distinta de las antiguas.

El tercero, las Observaciones de las Inmersiones, y Emerciones de los Satelites de Jupiter, como asimismo de los Eclipses de Luna; de las quales se deduce la Longitud de los Lugares.

El quarto, las Experiencias hechas sobre la dilatacion, y compresion de los Metales por causa de el Calor, ò Frio; con la Tabla de lo que se dilatan, por cada 10 grados de diferencia del Thermometro de *M. de Reaumur*.

El quinto, las Experiencias del Barometro simple, de las quales se deduce la ley con que se dilata, y comprime el Ayre; el methodo de hallar la altura de los Montes, ò Cerros en la Zona Torrida, y la de la Atmosphera sensible.

El sexto, las Experiencias sobre la velocidad del Sonido, y determinacion de lo que corre en un segundo de tiempo en la Zona Torrida; todo aplicado à varios casos de Geographía, y Navegacion.



El septimo , la medida del grado de Meridiano terrestre contiguo al Equador , con la explicacion del methodo que se tuvo en medirle , construccion , y uso del Instrumento de 20 pies de radio , con que se hicieron las Observaciones Astronomicas , y conclusion de la razon del Exe de la Tierra al Diametro del Equador.

El octavo , las Experiencias del Pendulo simple ; la descripcion del Instrumento , con que se executaron ; y determinacion de la Figura de la Tierra ; sobre la qual se dan Tablas del valor de cada grado del Meridiano terrestre , y de la longitud del Pendulo para cada Latitud.

El noveno , y ultimo , la practica de la Navegacion sobre la figura de la Tierra , ya determinada ; con una nueva Tabla de partes Meridionales , para el uso de la misma practica.

Advierto ultimamente , que siendo muchas de las cosas , que se tocan en esta Obra de muy sublime Geometría , he procurado explicarme del modo mas claro , y perceptible , para que me entiendan aun los no muy ver-



versados en sus abstrusas especulaciones. De esto se deberàn hacer cargo los grandes Geometras, à quienes pareciesfen algunas explicaciones demasiado largas, ò poco necessarias; y por el contrario, si los no muy versados en Geometria no comprehendiesfen algunos Calculos, podràn hacernos la justicia de suponer la demonstracion de la Proposicion, como dada, enterados, de que no serà facil hallar explicacion, que les fofsiegue, sin adquirir otros principios. Con el que ningunos tuviesse, no puede hablar una Obra, en que no se dãn èstos, sino que se suponen; pues para darlos todos, fueran sin duda necessarios otros volumenes, y aun acaso no se darían con ellos por satisfechos.



# ERRATAS.

Paginas.	Lineas.	Erratas.	Leē:
xiiij	7	que accion	que la accion
xv	23	es de	desde
xv	23	ddicho	dicho
3	8	existud	exactitud
9	10	KS	Ks
13	23	en	de
17	20	$37\frac{1}{2}$	$17\frac{1}{2}$
42	ultima	Boguer	Bouguer
44	14	00 01' 24 00 $\frac{2}{3}$	00° 01' 24" 00 $\frac{2}{3}$
44	25	Cuenta	Cuenca
52	26	duda	dada
97	1	VI.	V.
127	21	termino	terminos
127	26	le reduce	la reduce
133	6	Si andan	Si anda
135	18	Hamsteed	Flamsteed
141	23	M. Huygens	M. Huygens
147	17	se le clavaron	se les clavaron
154	Nota	M. Huygens	M. Huygens
167	1	examinada	examinado
205	6	à la qual se le añaden	à la qual si se le añaden
208	19	wy	wy
209	9	Distancia	Distancia
268	22	1283	1267 $\frac{1}{2}$
306	16	à esto	à este
313	17	de longitud	de la longitud
328	17	sobra	fabrà
377	6	è infinitamente inmedia	è infinitamente inme-
		à ella, y tambien la ON,	diata à ella la ON,
338	10	refula	resulta.



# INDICE DE LOS LIBROS, y Capítulos.

## LIBRO I.

Observaciones sobre la maxima Obliquidad de la Ecliptica;

- |  |    |
|--|----|
| <b>C</b> AP. I. <i>De lo util , y necessario que es el observar la maxima Obliquidad de la Ecliptica.</i>              | 1  |
| II. <i>Observacion del Solsticio hyemal del año 1736.</i>  | 4  |
| III. <i>Observacion del Solsticio estival del año 1736, con la conclusion de la maxima Obliquidad de la Ecliptica.</i> | 15 |
| IV. <i>Reflexiones sobre la disminucion de la maxima Obliquidad de la Ecliptica.</i>                                   | 18 |

## LIBRO II.

Observaciones de Latitud.

- |   |    |
|---|----|
| Cap. I. <i>De las Observaciones hechas con el Annulo Astronomico , y Quarto de circulo.</i>   | 25 |
| II. <i>De las Observaciones hechas con el grande Instrumento de 20 pies de largo.</i>         | 43 |
| III. <i>Descripcion del Quarto de circulo.</i>  | 46 |
| IV. <i>Explicacion , y uso de la Tabla de Declinaciones del Sol , que se dà al fin de el.</i> | 52 |

## LIBRO III.

Observaciones de las Immerfiones , y Emerfiones de los Satelites de Jupiter , como de los Eclipses de Luna.

- |   |     |
|---|-----|
| Cap. I. <i>Observaciones de las Immerfiones , y Emerfiones de los Satelites de Jupiter.</i> | 65  |
| II. <i>Observaciones de los Eclipses de Luna.</i>   | 72  |
| III. <i>Deduccion de la Longitud de los Lugares por las Observaciones antecedentes.</i>     | 75  |
| IV.   | IV. |



IV. Correccion , que se debe hacer al Medio día , hallado por las alturas correspondientes.	83
---	----

## LIBRO IV.

Sobre la Dilatacion , y Compresion de los Metales.	89
--	----

## LIBRO V.

### Sobre las Experiencias del Barometro simple.

Cap. I. De las Experiencias hechas en el discurso del Viage.	102
II. Sobre la Ley de la Dilatacion del Ayre.	111
III. Del modo de hallar la altura de los Montes , y Cerros, por las Experiencias del Borometro.	117
IV. De otro modo de deducir las mismas alturas.	125

## LIBRO VI.

### De la Velocidad del Sonido.

Cap. I. De las Experiencias hechas sobre la Velocidad del Sonido.	132
II. Aplicacion del movimiento progresivo del Sonido , à algunos casos de Geometria , y Navegacion.	142

## LIBRO VII.

### De la medida del grado de Meridiano contiguo al Equador.

#### SECCION I.

#### Determinacion de la medida geometrica , segun las Observaciones de Don Jorge Juan.

Cap. I. Medida de la Base fundamental.	144
II. Del Examen de las divisiones de los Quartos de Circulo.	155
III. Sobre los angulos de la Serie de Triangulos.	158
IV.	



IV. De la reduccion de los Lados Occidentales de la Serie de Triangulos à horizontales.	173
V. De las Observaciones de Azimuth.	181
VI. De la deduccion de las distancias entre los Paralelos de las Señales.	200
VII. De la reduccion de las distancias entre los Paralelos, halladas al nivèl del Mar.	204

## SECCION II.

Determinacion de la mèdida geometrica segun las Observaciones de Don Antonio de Ulloa.

Cap. I. Medida de la Base fundamental.	214
II. Sobre los angulos de la Serie de Triangulos.	217
III. Reduccion de los Lados de los Triangulos à horizontales.	228
IV. Reduccion de las distancias horizontales à un propio nivèl.	251
V. De las Observaciones de Azimuth.	261
VI. De la deduccion de las distancias entre los Paralelos de las Señales.	266

## SECCION III.

Sobre la amplitud del Arco comprehendido entre los dos Observatorios.

Cap. I. Descripcion del Instrumento, que se ideò proprio para hacer las Observaciones Astronomicas.	270
II. De las Observaciones hechas en el Observatorio de Cuenca.	277
III. De las Observaciones hechas en el Observatorio de Pueblo viejo.	283
IV. Determinacion de la amplitud del Arco comprehendido entre los dos Observatorios.	287
V. Determinacion del valor del grado de Meridiano contiguo al Equador.	295
VI. Sobre la Figura de la Tierra.	305



## LIBRO VIII.

### De las Experiencias del Pendulo simple, y conclusión de la Figura de la Tierra.

Cap. I. <i>Motivos que obligaron à emprender las experiencias del Pendulo.</i>	313
II. <i>Descripcion del Instrumento con que se hicieron.</i>	315
III. <i>De las Experiencias hechas en Quito.</i>	319
IV. <i>De las Experiencias hechas en el Cabo Francès.</i>	329
V. <i>Conclusion de la Figura de la Tierra.</i>	332

## LIBRO IX.

### De la Navegacion sobre la Elipsoide.

Cap. I. <i>Correccion que se debe hacer à la Navegacion, y à la Tabla de partes Meridionales.</i>	348
II. <i>De la Correccion de las diferencias en Latitud, y distancias.</i>	386
III. <i>Practica de la Navegacion sobre la Elipsoide.</i>	390





## INTRODUCCION.



N todos los Siglos , desde el principio del tiempo , ha sido combatida la ignorancia , sin que aun en los mas remotos dexasse de haver alguno , que , atraído de la hermosura de la Sabiduría , buscase con continuadas especulaciones la verdad ; pero especialmente de un Siglo à esta parte , uniendo à las noticias de nuestros mayores , y à sus passadas especulaciones , otras de nuevo , no solas , y desamparadas , sino , que además de un tenáz estudio , gasto de sumas inmensas , cuydado , y zelo de Principes , las ha acompañado la practica mas solícita , y mas exacta , que cabe en cuydado , y diligencia humana ; à fin de averiguar , si se unían entre sí , y se concordaban aquella especulativa con esta practica , para sacar de su combinacion , y con el riego de estos sudores el fruto de la verdad.

No harémos ahora una fastidiosa induccion de lo que todos saben ; el Mundo està lleno de Libros en que se ven los varios examenes , que ha hecho la razon , y la experiencia , de la naturaleza , y de todas sus partes en estos ultimos tiempos. Contentarémonos pues con proponer una de las mas ilustres pruebas de esta verdad en la question sobre la figura de la Tierra , que acaba de decidirse con nuestras Observaciones , la qual explicarémos brevemente , tomando el agua de algo mas arriba , para que el Lector entre à oír la decission , y la prueba instruido yà de la razon de la duda.



Antes que se tuviera la luz clara de las Ciencias, y que se emprehendieran grandes Viages sobre la superficie del globo terraqueo, es natural, que fuese general entre los hombres la opinion del famoso *Heraclito*, que juzgaba ser la Tierra una grande, y casi inmensa llanura: pues aun hasta poco ha los *Philisophos Chinos*, encerrados siempre en su Imperio, aunque por otra parte tan aplicados al cultivo de las Ciencias, han tenido por proverbio el decir *tien, yuen, ti fam*: esto es, el Cielo es redondo; pero la Tierra quadrada. A esta opinion induce el primer examen de nuestra vista; pues por mas que se camine sobre la Tierra, siempre parece llana en lo que se descubre, y aun mas llanas las Aguas, quando se navega; sin que deban ser de consideracion las desigualdades de los Montes, y Valles, comparadas con la vastissima extension de la superficie. Con todo esso no parece, que passò mucho tiempo despues de haver empezado el cultivo de las Ciencias con mas exactitud, sin que por otras reflexiones mas sólidas se conociese la falsedad de esta imaginacion. No hablémos ahora de los *Caldéos*, y *Egypcios*, cuyas Observaciones de prodigiosa antigüedad son dudosas, y desconocidas. Entre los Griegos mismos no durò mucho la opinion de *Heraclito*, ni las monstruosas sentencias de *Anaximandro*, y de *Leucippo*, que creian ser la Tierra, el primero una Coluna redonda, y el segundo un Cilindro, ò en forma de una Caxa militar; ni las extravagancias de *Cleanthes*, y de *Democrito*, que la creyeron concava, uno en figura de una Barca, y otro de un Disco; ni tampoco las otras opiniones, que pueden verse en *Aristoteles*, *Plutarcho*, y *Diongenes Laercio*: pues *Parmenides*, Discipulo, y Amigo de *Xenophanes*, cuyo nombre diò *Platòn* à su Dialogo de las

idèas



idèas , fuè el primero , que demonstrò , segun dice *Aristoteles* , la esphericidad , ò redondèz de la Tierra ; y despues de èl *Thales Mylefio* , que floreciò casi seiscientos años antes de Christo , siguiendo la misma sentencia , aunque añadiendo , que la Tierra sobrenada en las Aguas , predixo los Eclipses el primero de todos los Griegos , segun el testimonio de *Plinio*. Es creible , que les hiciesse persuadir la esphericidad de el globo terraqueo à aquellos antiguos Maestros el advertir el orden con que se descubren , y se ocultan à quien camina , ò à quien navega las alturas de los Montes , las Torres , y las cumbres de los edificios , y las demàs eminencias de la Tierra ; que à esto se añadiessse , el notar la mutacion de altura de las Estrellas circumpolares , segun los varios lugares mas , ò menos distantes de los Polos desde donde las observassen ; lo que no sucederìa siendo perfectamente llana la Superficie ; y que ultimamente à alguno se le ofreciessse la razon , con que fundados en diversos principios , pretendieron demostrar por diversos medios la esphericidad de la Superficie de las Aguas *Aristoteles* , y *Arquimedes*. Pero la razon mas simple para atribuir à la Tierra esta figura se tomarìa sin duda de que asì aparece su sombra en los Eclipses Lunares ; sombra , que no podian dexar de atribuir à la Tierra , despues que dexaron los Sabios para sola la credulidad del vulgo los vanos terrores , que sobre los Eclipses engendrò la ignorancia , y su fiel compañera la supersticion. Al fin de qualquier modo quedò establecida desde entonces la esphericidad , ò redondèz perfecta de la Tierra tan solidamente , que no se ha dudado de ello en todos los Siglos siguientes hasta el passado.



Sentada yà como incontestable la figura de la Tierra, restaba aun otra mayor dificultad, que era el medir su magnitud, asì para deducir la extension de su Circunferencia, como la de su Diametro; conocimiento tan esencial para las Ciencias, como difìcil en su execucion. El medirla totalmente era imposible, siendo tan enorme la extension de su Superficie, cortada por todas partes con Mares, Lagos, Rios, Montes, y precipicios impenetrables à las limitadas fuerzas humanas. Pero aunque estos inconvenientes hiciessen imposible la operacion total, quedaba el hacerla por partes. Y en efecto parece, que en tiempo de *Aristoteles*, no solo se havian dado especies para allanar la dificultad; sino que tambien se havian hecho operaciones, y medidas: pues en el Libro 2 de *Cælo* text. ult. alegando las experiencias de los Mathematicos de su tiempo señala 400000 Estadios à la Circunferencia de la Tierra; y reprobando el sentir de *Xenophanes*, que la tenia por inconmensurable, dice, que por poco que se camine àcia el Medio dia, ò Septentrion, se alteraba manifestamente el Horizonte; y que las Estrellas, que se veian en *Egypto*, y las cercanias de *Chipre*, no se veian en los Países Septentrionales; y algunas, que parecian continuamente sobre estos Países, se ponian en *Egypto*, y *Chipre*; por lo que debia inferirse no solamente, que la Tierra era espherica, sino que no era de la magnitud, que se discurrìa.

No explica este gran Philosopho, como llegaron los Geometras de su tiempo, à determinar la dicha magnitud de la Tierra de 400000 Estadios; pero sin embargo parece, que su idèa sobre la mutacion de los Astros en altura, sugiriò despues el methodo de medir la Tierra, que despues



pues practicaron los Geometras posteriores con algunas correcciones, y enmiendas. Porque una de las propiedades de los Circulos de la Esphera, cuya figura se suponía tener la Tierra, es la de corresponder iguales arcos de su Circunferencia à iguales angulos, ò mutaciones del Horizonte; con que midiendo una porcion de Circulo, y examinando, à què angulo le correspondía, se tenía la total circunferencia, aumentando la cantidad medida en la misma razon, que se hallasse el angulo observado con quatro rectos.

De este methodo se valiò *Eratosthenes Prefecto*, de la famosa Bibliotheca de Alexandria, en tiempo de *Ptolomeo Evergetes*, casi tres Siglos antes del nacimiento del Señor, el qual, segun el elogio de *Plinio*, excediò à los demás en todo genero de literatura, y particularmente en las Ciencias Mathematicas, que debieron singulares descubrimientos à su ingenio, y aplicacion. El methodo, con que hizo *Eratosthenes* su hallazgo, tan altamente celebrado de los antiguos, nos ha quedado escrito en *Cleomedes*, y se puede ver à la larga en los modernos, especialmente en el *Eratosthenes Bastero* de *Snellio*, y en la *Geographia reformada* del *P. Ricciolo*; reducido à compendio es de este modo. Sabía este grande Astronomo, que *Syene*, Ciudad de *Egypto* àcia los confines de la *Ethiopia*, estaba perfectamente debaxo del Tropico, y que por consiguiente al tiempo del Solsticio Estival passaba el Sol por su Zenith. Confirmabase esto, yà por un Pozo profundo, que para esta Observacion tenían hecho, cavado perpendicularmente, el qual en el Medio dia del Solsticio se iluminaba todo, herido por todos lados de los rayos del Sol hasta el Agua; y yà porque en 150 Estadios al rededor de *Syene*,



no hacían sombra alguna à la misma hora los Estilos , ò Gnomones , levantados tambien perpendicularmente al Horizonte. Suponìa ademàs de esso *Eratoſthenes* , que *Alexandria* , y *Syene* estaban baxo un mismo Meridiano , y que la distancia entre las dos Ciudades era de 5000 Estadios. El dia pues del Solsticio Estival colocò en *Alexandria* un Emispherio concavo , de cuyo centro salìa un Estilo , levantado perpendicularmente al plano del Horizonte , y notando la sombra , que à la hora misma del Solsticio hacia el Estilo dentro del Emispherio , viò , que el arco , que comprehendìa èsta , era la quinquagesima parte del Circulo , cuyo centro era el apice del Estilo , y que por consiguiente la distancia entre *Alexandria* , y *Syene* era la quinquagesima parte del Circulo maximo , ò circunferencia de la Tierra ; y asì multiplicando los 5000 Estadios por 50 , sacò ser la magnitud total de 250000 ; cuyo numero partido luego en 360 grados , en que se divide todo Circulo , cupo à cada grado terrestre la cantidad de  $694\frac{1}{6}$  ; bien que por evitar el embarazo de los numeros quebrados se alargò cada grado hasta 7000 Estadios , y asì la suma total es de 252000 en la Circunferencia ; y de este modo la cuentan *Plinio* , *Eſtrabon* , *Vitrubio* , y otros.

Otras muchas medidas pudieramos añadir de los antiguos , como la del cèlebre *Possidonio* de *Rhodas* , que mereciò la visita del gran *Pompeyo* , à cuya sabiduria sometìò los haces liçtorios , al volver de la guerra contra *Mithridates* , aquel à quien adoraba el Oriente , y Occidente , como dice *Plinio* ; la famosa , que mandò hacer el Sabio , y magnifico *Maymon* , ò *Almamon* , *Califa* de *Babylonia* , en *Singâr* , ò Campos de *Senaar* en la Mesopotamia , y otras , que se pueden ver en los citados Autores. Basta para  
nueſ-



nuestro assumpto haver dado una idèa del modo con que se hicieron , y haver apuntado quanta diligencia pusieron en esto nuestros mayores ; si bien por lo demàs sirven de poco aquellas medidas , hechas por suposicion , en el tiempo presente , en que se executan con tal delicadeza , que no parece puede llegar à mas la diligencia humana. Además de que , aun quando huviesse[n] sido hechas con mucha mayor exaccion , restarìa siempre la dificultad de ajustar la razon en que se hallan sus medidas con las nuestras ; y aun teniendo seguro este conocimiento , es cierto , que jamàs las antiguas tuvieron el grado de precision , que se pide en las del dia de hoy.

Tampoco nos detendremos en algunas de las que se han hecho , despues del restablecimiento de las Ciencias en Europa , como la de *Fernelio* en *París* , por los años de 1525 ; la de *Norwood* en *Londres* , y *Yorch* , por los de 1635 , aunque de las mas exactas ; ni en los methodos por *Clavio* , *Keplero* , *Grimbergero* , y otros. Bastarà decir , que *Wilebrord Snellio* , y el P. *Juan Bautista Ricciolo* hicieron en *Holanda* , y en *Italia* los mas ingeniosos esfuerzos , para determinar el valor de un grado. Midiò el primero geometricamente la distancia entre *Alcmaer* , y *Bergopzom* , cuya diferencia en Latitud halló ser de un grado , y once minutos y medio , de donde determinò el grado terrestre de 28473 pertigas del *Rhin* ; y por la distancia entre *Alcmaer* , y *Leyden* distantes , segun sus calculos 35400 passos de 28510 ; y tomando un medio entre estas dos determinaciones , concluyò el grado terrestre de 28500 pertigas del *Rhin* , que equivalen à 55021 toefas <sup>a</sup> del *piè de Rey de Paris* ; medida que despues repitiò , y corrigiò *M. Muschenbroch* , determi-

<sup>a</sup> La toefa de *Paris* consta de 6 pies de Rey de *Paris*.



minando el grado entre *Alcmaer*, y *Bergopzom* de 29514 pertigas, 2 pies, y 3 pulgadas del *Rhin*, que son 57033 toefas, 00 pies, y 8 pulgadas de *Paris*.

El segundo, despues de prolixas, y repetidas Observaciones en *Bolonia* con el *P. Grimaldi*, hallò el grado terrestre de 64362 passos de *Bolonia*, que equivalen à 62650 toefas del pié de *Rey de Paris*.

A primera vista se descubre la enorme diferencia de estas dos célebres medidas, que es de 7629 toefas por grado, y hacen à la Tierra casi la octava parte mayor por la una, que por la otra. Intolerable era la duda, que nace necessariamente de esta diferencia, sobre un assumpto tan importante à la Geographia, y Navegacion, ò por decirlo mejor, de que dependen como de principio; y en un tiempo en que con la proteccion de los Soberanos iban floreciendo las Ciencias, y las Artes hasta el punto increíble, en que las admira la Europa, pasmada de sì misma. Y asì la Academia Real de *Paris*, fundada por aquel tiempo, y promovida por la incomparable munificencia del gran *Luis XIV*, tuvo por uno de sus principales objetos desde su ereccion, el examen de este punto tan deseado, como controvertido; y à su representacion aquel Monarcha, mayor que todo elogio, mandò à *M. Picard*, uno de los Miembros mas distinguidos de la Academia, que sin perdonar trabajo, ni costa alguna executasse con quanta delicadeza fuesse possible la medida deseada. Hizolo *M. Picard* con todo el cuidado, que pedia el desempeño de la confianza de tan gran Rey, midiendo geometricamente las distancias entre *Paris*, *Molvoesine*, *Sourdon*, y *Amiens*, que determinò asimismo astronomicamente, con no menos sutileza; y hallò por ellos el grado terrestre de 57060 toefas.



toefas. El explicar el delicadísimo primor , con que practicò sus operaciones , y concluyò su medida , no es de este lugar ; los curiosos pueden verlo en sus Obras , y en las *Memorias de la Academia* ; solo no dexarè de añadir , que èl fuè el primero , que aplicò à los Quartos de Circulo , de quien nos debemos valer para la practica de medidas como la fuya , anteojos ,<sup>a</sup> con los que llegò este Instrumento al grado mayor de perfeccion.

Todo el Mundo hasta entonces havia creido , y creia , que el Globo terraqueo era perfectamente esférico , excepto las desigualdades de los Montes , de ninguna consideracion en tanta magnitud ; à nadie hasta entonces se havia ofrecido , que la figura de la Tierra dexasse de ser una redondísima bola , y por consiguiente , en esta suposicion , se creyò , que *M. Picard* havia yà decidido la question del valor de cada grado , pues no se dudaba , que fuesen del todo iguales los 360 , en que se divide la Circunferencia de la Tierra , y que cada uno tuviesse la misma longitud de 57060 toefas , que havia hallado *M. Picard* en los que midió.

Pero como yà el dia de hoy los Philosophos , y Mathematicos , sacudida la antigua servidumbre , lexis de seguir ciegamente las sentencias de los mayores , las desamparan sin dificultad , siempre que las experiencias bien justificadas persuaden à lo contrario , no tardò mucho tiempo en dexar de ser tenuta por concluyente para toda la Circunferencia la determinacion de *M. Picard* ; porque no tardò en dudarse , si la Tierra era , ò no perfectamente esférica ; y bien presto se decidió , que ciertamente no lo era , aunque

<sup>a</sup> Historia de la Academia de las Ciencias de Paris, Tom. I. pag. 127.



que se dudò por mucho tiempo de su verdadera figura, divididos los Philosophos en distintas, y contrarias opiniones. Dos experiencias, sobre que se formaban muy diversas reflexiones, fueron el fundamento de la division. Una fuè el hallazgo de la diversa gravedad en los Pendulos; y otra la medida de los grados de todo el Meridiano, que atraviessa la *Francia*, hechas por M. M. *Cassini* Padre, è Hijo, con M. M. *de la Hire*, *Maraldi*, *Couplet*, *Chazelles*, y associados. Una, y otra son dignas de que nos detengamos algo mas en su explicacion, y en las reflexiones, que sobre ellas hacian los Philosophos, y Mathematicos, pues en esto consiste la controversia, que hemos de decidir.

Apenas havia publicado el cèbre *Christiano Huygens* de *Zulichem* su doctissimo *Oscilatorio*, en que perfeccionando la ingeniosa invencion de los Pendulos, pretendia dàr en ellos una medida cierta, segura, invariable, y universal para todas las partes del Mundo (porque se creia, que en todas ellas, siendo perfectamente esférica, havian de hacer las mismas oscilaciones, ù vibraciones los Pendulos de igual longitud) quando M. *Richer*, haviendo navegado desde la *Francia* à la *Cayenna*, que està en la America Meridional solo distante  $4^{\circ} 56' 17\frac{1}{2}''$ , ò casi 5 grados del Equador, hallò en el mes de Agosto del año de 1672, que la Pendula del Relox, que havia sacado de *Paris*, siendo de la misma longitud, tardaba mas tiempo en hacer las oscilaciones; ò por el contrario, que no hacia las mismas oscilaciones en el mismo tiempo, que en *Paris*, y que el Relox se atrassaba por configuiente cada dia dos minutos, y veinte y ocho segundos. Repitiò diariamente sus experiencias con la misma perspicaz precaucion por el espacio de 10 meses, y hallò, que para que vibrasse la Pendula  
del



del Relox los segundos de tiempo medio , del mismo modo , que en *París* , era preciso acortarla una linea, y quarto de la longitud , que debe tener para tales vibraciones en dicha Corte. No es decible lo que esta novedad movió los animos de todos los Philosophos , y Mathematicos. La habilidad , la precaucion , y la repeticion de experiencias de *M. Richer* no dexaban dudar de el hecho , ni daban lugar à creer , que se huviesse engañado.

Quisieron algunos atribuir esta variedad à la que se havía descubierto no solo en las Cuerdas, Cordeles , Papel, y otras cosas , que facilmente dàn de sí ; sino tambien en los Metales , en el Vidrio , en las Piedras , y en otros Cuerpos sólidos , que se alargan , ò se acortan , transportados de unos Lugares à otros , y sienten los efectos del calor , frio, humedad , y demás mutaciones de la Atmosphera, como se verá en el Libro IV ; pero no era posible aprovecharse de esta doctrina para el caso presente , porque yà *M. M. Picard* , y *de la Hire* havian hecho sutilísimas experiencias sobre esta dilatacion , y compresion , y se sabía , que jamás la variedad originada de ellas podría llegar à la linea, y quarto, que *M. Richer* havía notado de diferencia.

Supusieron pues todos como cierto , que esta diversidad no podia tener otro principio , que pesar el mismo Pendulo menos en *Ceyenna* , que en *París* ; y que por consiguiente todos los Cuerpos pesarían menos àcia el Equador , que àcia los Polos. La razon de creer esto se fundaba en el principio , de que la duracion de las oscilaciones de un Pendulo , depende de la longitud de el , y de la pesadèz del Cuerpo , que oscila , como se demuestra en la Estatica. Dos Pendulos de igual longitud , y pesadèz , es preciso que gasten igual tiempo en sus oscilaciones ; si varían en



éstas , es preciffo , que exerza menor pefadèz el que las hi-  
ciere mas lentas ; y al contrario , fi las oscilaciones se cum-  
plieren en igual tiempo , teniendo los Pendulos longitudes  
iguales , feràn éstas como sus pefadezes : esto es, afsi como  
fuere menor la longitud , ferà tambien menor la pefadèz.

Confirmò poco despues el descubrimiento de *M. Richer*  
otra semejante experiencia de *M. Halley* el año 1677 en  
la Isla de *Santa Helena* ; añadiendose las de *M. M. Varin*,  
*Deshayes* , y *Glos* en la *Gorèa* , *Guadalupe* , y la *Martinica* en  
1682 ; de *M. Couplet* en *Lisboa* , y *Parà* en 1697 ; del *P.*  
*Feuilleè* en *Portobelo*, la *Martinica* ; y otras de otros en otras  
partes , que tampoco podian atribuirse à la variedad de los  
Climas.

En fin no dudandose yà de la mayor pefadèz de los  
Cuerpos àcia el Polo , que àcia el Equador , entraron los  
dos cèlebres Mathematicos *M. M. Huygens* , y *Newton* à  
determinar por ella otra figura à la Tierra , negando , que  
pudiesse ser perfectamente esférica. Presumieron haver  
hallado la causa de este phenomeno en aquella su decanta-  
da *fuerza centrifuga* de los Cuerpos , movidos , y agitados  
en torno. Todo Cuerpo, decian estos grandes Philosophos,  
que se mueve en circulo , hace un esfuerzo continuo , para  
huir , y apartarse del centro del circulo , que describe , y  
en torno del qual se mueve. Este principio , que demues-  
tra la razon , y la experiencia , se siente palpablemente en  
la Honda. Dando vueltas con la Honda la Piedra puesta  
en ella , siempre và forcejando por despedirse , y huir del  
centro en torno del qual rueda , tanto mas , quanto es ma-  
yor la velocidad con que se mueve ; y por esto , puesta en  
libertad corre velozmente, sin otra nueva fuerza que la im-  
pela.

Esta



Esta fuerza se manifiesta , si se hace atencion à las tres Leyes , ò Axiomas del Movimiento. El primero dice , que todo Cuerpo persevera en su estado de quietud , ò de movimiento uniforme , mientras otra fuerza no le obliga à mudarle. El segundo , que el movimiento es proporcional à la fuerza , que imprime el motor , y que se hace por la recta , àcia la qual imprime dicha fuerza. Y el tercero , que accion , y reaccion son siempre iguales: <sup>a</sup> esto es , si yo hago fuerza contra un Cuerpo , èste me resistirà con igual fuerza contraria à la mia: si un Navio impele el Agua del Mar con cierta fuerza , el Agua le resiste con la misma ; y si se aumenta el impulso de la Nave , se aumentará tambien su velocidad ; pero solo hasta que se aumente la resistencia que el Agua hiciesse proporcionalmente al aumento , que tuvo el impulso de la Nave.

Si se halla pues en A\* un Cuerpo , y se impele con cierta fuerza dirigida conforme à la linea AK , el Cuerpo se moverà por esta linea , y permanecerà moviendose en ella , hasta que otra fuerza le distraiga ; y al contrario , si este Cuerpo se distrae de la linea AK , despues de puesto en movimiento , segun su direccion , havrà otra fuerza además de la primera , que le obliga à dexar su primer direccion ; y asì , quando un Cuerpo percurre una Curva como AGQ , lo hace por medio de dos fuerzas , una con que se dirigio segun la tangente AK , y otra , que le arroja , ò detiene àcia el Centro C ; <sup>b</sup> y por esso el Cuerpo A estando atado con un hilo AC hecho firme en el Centro C , si se arroja segun la direccion AK , describe el Circulo AGQ , pues el hilo , haciendo fuerza sobre èl , le detiene , ò arroja

\* Fig. 2.  
Lam. 3.

<sup>a</sup> Newton *Philosophie Naturalis* pag. 13.

Mechanica de *Wolffo* §§. 527. 528.

Obras de *Juan Bernoulli*, Tom. 1. pag. 484. Tom. 2. pag. 14. Tom. 3. pag. 16. Tom. 4. pag. 484.

Leçons de Physique expérimentale del Abate *Nollet*. Tom. 1. pag. 261.

<sup>b</sup> Mechanica de *Wolffo* §. 74.



ja continuamente àcia el Centro ; pero por el tèrcer Axioma , la accion , y reaccion son siempre iguales ; con que el hilo no puede emplear fuerza alguna en el Cuerpo , que èste no emplee otra , igual , y contraria sobre el hilo ; el Cuerpo pues tiende continuamente à huir , y apartarse del centro del Circulo que describe , con una fuerza igual à la del hilo : y afsi todo Cuerpo , que percurre un Circulo , tira à apartarse de su Centro , con una fuerza , que serà mayor , ò menor , segun fuere mayor , ò menor su velocidad. Esta es pues la fuerza que aquellos dos cèlebres Philosophos *M. M. Huygens* , y *Newton* llamaron *centrifuga* , porque tira à huir del Centro ; y èsta , segun ellos , es la causa , que hace à la Tierra Lata. Porque sentada esta doctrina , suponen ambos , que la Tierra se mueve , revolviendose diariamente sobre su proprio Exe. Por este movimiento , cada particula de la Tierra hace esfuerzo para apartarse del Exe ; y este esfuerzo es tanto mayor , quanto es mayor la velocidad , ò quanto es mayor el Circulo , que cada una describe ; y siendo , tanto circulo , como velocidad àcia el Equador mayores , que àcia los Polos , es necessario , que los Cuerpos mas cercanos al Equador hagan mas esfuerzo para apartarse del Exe , que los que estàn mas cercanos à los Polos , y que su fuerza centrifuga sea allì mas violenta. Como por otro lado , todo Cuerpo por su primitiva gravedad , ò fuerza *centripeta* , tiende àcia el Centro de la Tierra , ò por mejor decir perpendicularmente al Horizonte , en un mismo Cuerpo se encuentran dos fuerzas ; una la gravedad , ò fuerza *centripeta* , por razon de la qual se dirige al Centro de la Tierra , y cae àcia ella ; y otra la fuerza centrifuga , originada del movimiento de la Tierra , por la qual se esfuerza à apartarse , y à huir del Exe , ò centro del

Cir-



Circulo que percorre ; y como estas dos fuerzas se hacen mas , y mas contrarias una à otra , al passo que los Cuerpos estàn mas cercanos al Equador , resulta , que se disminuye la gravedad mas , y mas , al passo que los Cuerpos estàn mas cercanos al Equador , tanto por este motivo , como porque la fuerza centrifuga es mayor , quanto mas cercanos estàn los Cuerpos à el Equador. De aquí nace , decian los mismos Philosophos , que los Pendulos , y por la misma razon todos los Cuerpos , tengan en igual cantidad de masa menos pesadèz en *Paris* , y Lugares situados àcia los Polos , que en *Cayenna* , y Lugares situados àcia el Equador. Sobre este principio passaron tan adelante , que calcularon la cantidad de fuerza centrifuga , que corresponde à cada grado terrestre , segun su mayor , ò menor Latitud , y tambien , la diminucion , que en cada uno de ellos respectivamente , debe causar èsta en la gravedad de los Cuerpos.

De esta Theorica inferian necessariamente , que el Globo terraqueo no puede ser perfectamente espherico; porque siendolo , assi como todas las lineas tiradas del centro à qualquiera parte de la Superficie son iguales , assi las porciones de masa , que se comprehendan en Cilindros de iguales Diametros , y vayan esde ddicho Centro àcia qualquier parte de la Superficie misma , seràn tambien iguales ; y como , por otro lado , las porciones de masa en aquellos que vàn al Equador , tienen menos pesadèz , por razon de la diminucion , que la fuerza centrifuga causa en su gravedad , que las porciones de masa en aquellos que vàn à los Polos , donde es menor esta diminucion , saldrìa , que siendo iguales las porciones de masa en una , y en otra parte , no serian iguales las pesadezes ; pues pesarían



rían mas las porciones àcia los Polos ; y menos las porciones àcia el Equador ; por consiguiente no havría equilibrio entre ellas ; absurdo intolerable , cuya dissonancia perciben bien los que han saludado la Estática. Para que se conserve pues el equilibrio es preciso , que haya mas porcion de masa àcia el Equador , para que la pesadèz , correspondiente à la mayor cantidad , contrabalance el peso mayor , que en menor cantidad tengan las porciones àcia los Polos ; y es bien facil de vèr , que en esta suposicion la Tierra estará mas elevada àcia el Equador , que àcia los Polos ; y que así su figura será , no una Esphera , ò Bola perfectamente redonda , sino es una Espheroide plana , ò una Bola chata àcia los Polos , ò por decirlo así , tendrá figura de una Naranja.

Así discurrían estos grandes ingenios en la Hypothesis del movimiento diurno de la Tierra ; pero aunque esta Hypothesis sea falsa , la razon del equilibrio siempre probaba contra la perfecta esphericidad de la Tierra , una vez admitida la Observacion de que los Cuerpos , segun la experiencia de los Pendulos , exercen menos pesadèz en las cercanías del Equador , que en mayores Latitudes. Supuesto el equilibrio de las aguas , se prosigue así , para demostrar , que la Tierra debe ser una Espheroide Lata , con los principios de la Hydrostatica. Imaginense dos canales de materia fluída , y homogenea , que vàn el uno desde el centro de la Tierra al Equador , y el otro desde el mismo centro hasta el Polo , en los quales la pesadèz de cada particula de materia se exerza àcia el centro ; y se verá , que para que se mantengan èstos en equilibrio , es preciso , que pesen igualmente ; pero como la pesadèz de cada particula de materia en el primero sea menor , que  
en



en el segundo , es preciso , que para que queden en equilibrio , haya mas cantidad de materia en el primero , que en el segundo : luego debe ser mas largo aquèl , que èste: esto es , el radio del Equador mayor , que el Semi-exe: luego la figura de la Tierra , en toda suposicion , serà una Espheroide chata àcia los Polos , como ya diximos.

Tan seguros pensaban estàr *M.M. Huygens* , y *Newton* de la fuerza de sus discursos , que passaron à señalar, aunque con alguna diferencia , los Diametros , y Semidiametros de la Tierra ; y creyeron , que por solas las experiencias de la pesadèz bien justificadas se averiguaria , no solo la figura de la Tierra ; sino tambien la magnitud de cada uno de los grados de qualesquiera Latitudes.

Un nuevo phenomeno , descubierto por este tiempo en el Cielo , les pareciò , que confirmaba su Theoria sobre la figura de la Tierra. Descubrieronse con perfectísimos Telescopios ciertas manchas en el disco de Jupiter , y por ellas observò la delicadissima curiosidad de los Astronomos , que este Planeta hacia una revolucion sobre su propio exe en diez horas. Esta revolucion siendo mucho mas rapida , que la que ellos suponian en la Tierra , debìa imprimir à todas las partes de este Planeta respectivamente una fuerza centrifuga correspondiente à su velocidad , y por tanto mucho mayor que la de la Tierra: Esta fuerza por la analogia de un Cuerpo à otro , siguiendo la razon de la Theoria debìa achatar , para decirlo asì , la figura de Jupiter ; y en efecto midiendo sus Diametros , con quanta delicadeza cabe por medio de buenos Micrometros , se hallò , que este Planeta era sensiblemente charo àcia sus Exes , ò Polos.

Asì philosophaban sobre la experiencia de la diferencia



en pesadèz de los Pendulos *M. Huygens*, y el Cavallero *Newton*; pero los Mathematicos Franceses llegaron à ser de parecer enteramente contrario, fundados, no en Theorías fútiles, que por ingeniosas, que fuesen, podían estàr muy lexos de la verdad, sino en experiencias, y en hechos positivos, que entonces parecían à muchos incontestables.

Yà la medida de *M. Picard* no podìa ser regla fixa para todos los grados, pues si acaso estos eran desiguales, por no ser esférica la Tierra, aunque fuesse exactísima en el que èl havia medido, no podìa adaptarse à los demàs, mientras no constasse por otro lado, que eran iguales al suyo. Propusose pues medir la linea Meridiana, que atraviesse toda la Francia; y de orden del gran Luis XIV, empezò en 1683 esta obra *M. Cassini* baxo la proteccion de aquel cèlebre *M. Colbert*, Secretario entonces, y Ministro de Estado. Tomòse por principio de la medida el Observatorio Real de *París*; y aunque con varias interrupciones comprehendiò desde *Dunkerke* hasta *Colibre*, dividiendo en dos arcos el Meridiano de toda la Francia, el uno desde *Dunkerke* à *París*, y el otro desde *París* à *Colibre*. Acabòse la obra en 1718, aunque despues se hicieron otros reconocimientos. La Historia, y methodos, que se siguieron, pueden verse à la larga en la Historia de la Academia, y en el Libro, que con titulo de *la Magnitud, y Figura de la Tierra* diò à luz *M. Cassini* el mismo año de 1718. Bastarà decir aquí lo mismo, que de estas, y las siguientes medidas escribe el sabio *M. de Maupertuis* en sus *Elementos de Geographía*, es à saber: *Estas medidas fueron repetidas por M.M. Cassinis en diferentes tiempos, en diferentes Lugares, con diferentes Instrumentos, y por dife-*  
ren-



rentes *methodos* ; el Gobierno hizo prodigamente todos los gastos , y dió toda la proteccion imaginable , por espacio de 36 años ; y la resulta de seis operaciones hechas en 1701, 1713, 1718, 1733, 1734, y 1735 fué siempre , que la Tierra es alargada , y no chata , àcia los Polos.

Por estas Observaciones pues , resultaron dos cosas ; la primera , no ser la Tierra perfectamente esférica , en lo qual convenian los Franceses con *M. Huygens* , y el Cavallero *Newton* ; la segunda , ser una Espheroide longa , ò estendida àcia los Polos , lo qual era del todo opuesto à la determinacion de estos célebres Philosophos , que decian ser una Espheroide lata , ò chata àcia los mismos Polos.

La razon para esto era demonstrativa , si el principio era verdadero. Hallò *M. Cassini* el Padre por sus medidas , que el grado terrestre en el arco de Meridiano desde *Paris* à *Colibre* , que es la parte , que mira desde el Real Observatorio àcia el Equador , ò Medio dia , era de 57097 toefas<sup>a</sup> , y por consiguiente 37 toefas mayor , que el que havia medido *M. Picard* hasta *Amiens* , el qual havia determinado , como diximos , de 57060 toefas. *M. Cassini* el Hijo , repitiendo la medida de *M. Picard* , la continuò hasta *Dunkerke* , ò por la parte , que mira desde el Real Observatorio àcia el Norte , ò Polo ; y hallò ser el grado terrestre de este arco de 56960 toefas<sup>b</sup> : esto es 137 toefas menor , que el que havia determinado en el otro arco su Padre , aunque 100 toefas mayor , que el determinado por *M. Picard*. Los Instrumentos , y exactitud , que se emplearon en estas medidas fueron tales , que no solo à *M. M. Cas-*

<sup>a</sup> De la grandeur & de la figure de la Terre. pag. 148.

<sup>b</sup> De la grandeur & de la figure de la Terre. pag. 236.



*Cassinis*, sino tambien à otros muchos no les quedò duda de lo justificado de sus Operaciones.

Como nos hemos propuesto instruir en quanto sea posible aun à los menos versados en estas materias, serà preciso detenernos algo mas en la razon de esta determinacion de *M. M. Cassinis*.

Siendo mayores los grados àcia el Equador, que àcia el Polo, era preciso, que fuesse larga la Tierra àcia los Polos. Para entender esto no es menester mas, que estàr en el principio, de que la altura Meridiana de una Estrella sobre el Horizonte, no es otra cosa, que el angulo, que forma con el plano de este Circulo la linea tirada del ojo del Observador à la misma Estrella, quando esta se halla en el Meridiano; y hacer atencion, à que si la Tierra fuera exactamente plana, aunque se caminassen sobre ella distancias considerables debaxo de un mismo Meridiano, jamàs se percibiria diferencia sensible en la altura Meridiana de las Estrellas: respeto, de que las lineas tiradas de qualquiera puntos de la Tierra à una Estrella son sensiblemente paralelas, à causa de la casi infinita distancia de las Estrellas, y à que en dicha suposicion, permaneciendo constante el mismo Horizonte, aquellas lineas formarian en todas partes el mismo angulo con este Circulo; muy al contrario, que si fuesse la Tierra muy Curva; pues aunque permanecieran en este caso, sin embargo, las lineas tiradas de qualesquiera puntos de la Superficie à una Estrella sensiblemente paralelas, como antes, à causa de la curvidad, se variaria cada instante de Horizonte, y por consiguiente, se debia variar igualmente de altura Meridiana de la Estrella, y hallarse esta variacion proporcional à la curvidad de Tierra: de suerte, que por este



este principio , si la Tierra no es igualmente curva en todas partes , lo será mas en aquellas , donde se perciba igual mutacion en la altura Meridiana de las Estrellas, que se llama *amplitud de un arco* , haviendose caminado menor distancia baxo del mismo Meridiano ; y al contrario.

El haver hallado *M. Cassini* los grados Septentrionales de la *Francia* menores que los Meridionales , no es otra cosa , que el haver hallado igual mutacion en la altura Meridiana de las Estrellas en la parte Septentrional , que en la Meridional , haviendo hecho , sin embargo , menos camino en la del Septentrion ; luego la Tierra , por lo dicho , debe ser mas curva en esta parte , que en la otra.

Por el mismo argumento se debe inferir , que si los grados de Meridiano Septentrionales fuesen por el contrario mayores que los Meridionales , la Tierra debe ser menos curva en las partes mas cercanas à los Polos , que en las mas remotas.

Teniendo segun esto por exacta la medida de *M. Cassini* , no havia duda en que la Tierra fuesse mas curva àcia las partes Septentrionales , que àcia las Meridionales , y por esto le aplicò la figura de una Espheroide longa, producida por la revolucion de un Ovalo como *BECQ*<sup>a</sup> , que se supone rodar sobre su Exe *EQ* ; pues en este Cuerpo, ò lo que es lo proprio , en el Ovalo todas las partecillas de su circunferencia , mas inmediatas à los Polos *E* , y *Q* , tienen mayor curvidad , que las que estàn mas inmediatas al Equador *BC* : determinacion totalmente opuesta à la de *M. Huygens* , y el Cavallero *Newton* , que hacian la Tierra una Espheroide chata , semejante à la de la misma

<sup>a</sup> Fig. 14.  
Lam. 7.

fi-



figura 14; però suponiendo en ella, que BC sea el Exe, y EQ el Equador; la qual no puede concederse, sin ser la Tierra por el contrario menos curva en las partes que caen àcia à los Polos, que en las que caen àcia el Equador, cuya propiedad es essencialissima; y por ella es evidente, que siempre que se pruebe lo opuesto à la determinacion, ò medida de *M. Cassini*: esto es, que los grados de Meridiano son mayores, quanto mas cerca se hallen de los Polos, la Tierra será una Espheroide Lata, ò chata àcia los Polos, conforme à lo concludido por aquellos dos cèlebres Philosophos.

Pero no ponian duda la mayor parte de Mathematicos à la medida, ò experiencia de *M. Cassini*; pues en ella no havia discursos, y raciocinaciones, que pudiesen ser falsas, y expuestas al error, por fundarse, segun toda apariencia, sobre experiencias innegables, que sien do justificadas, por si mismas, eran una palpable demonstracion de la magnitud total, y de la figura de la Tierra alargada àcia los Polos. Y assi este Astronomo, no solo determinò la magnitud del Globo terraqueo, sino que hizo Tablas del valor de cada uno de los grados de Meridiano segun sus Latitudes, ò distancias del Equador; y en efecto todos los que no dudaron de la precision, y delicadeza de la medida de *M. Cassini*, creyeron firmemente con el, que la Tierra era de la figura, que el havia determinado; por lo qual no es de maravillar, que muchos de los Authores, que han escrito en estos años hasta el de 1736, en que se hicieron las medidas del grado en la *Laponia*, hayan defendido la figura Longa, determinada por *M. Cassini*, como



mo indubitable , y afsi con razon fundadissima por entonces la defendieron en nuestra España los Sapiëntissimos P. P. M. M. Feijòo , y Sarmiento , Benedictinos , aquèl en su *Theatro Critico* tom. 3. Discurso 7. §. VII. èste en la *Demonstracion Critico Apologetica* de dicho *Theatro*, tom. 2. Discurso 38. §§. XI. XII. y XIII.

Pero con todo esso, no cediò *M. Newton* , y otros muchos de su partido à tan plausible experiencia. Confesaron , que la medida del Meridiano de *Francia* se havìa hecho con mucha delicadeza , y precision ; pero afirmaban, que aunque la medida comprehendiese todo el Meridiano , que atraviesse la *Francia* , estando unidos los grados de los dos arcos , en que se partiò la medida , la diferencia del valor , y longitud de unos grados à otros era muy corta , y por consiguiente poco sensible, y expuesta à confundirse entre el error à que toda Observacion està expuesta, por mas delicada que sea. Examinando ademàs de esso mas en particular la medida misma , su methodo , y los Instrumentos , con que se havìa executado , hallaban , que aunque *M. Cassini* pretendia no haber error considerable en sus operaciones , y que no le permitian sus Instrumentos ; no obstante no era facil persuadirse à que fuesse afsi en realidad , y que llegasse à tan alto punto de perfeccion la exactitud de que *M. Cassini* se lisongeaba ; y que este error no conocido de *M. Cassini* era bastante , para que en èl se envolvesse, no solo la diferencia de 37 toesas, en que su medida àcia *Colibre* excedìa à la determinacion de *M. Picard* , y la de 137 en que excedìa à la de su Hijo àcia *Dunkerke* , sino tambien la diferencia , que debian tener fuera de esto los grados , siendo la Tierra Lata , como ellos pretendian.



*M. de Mairan* por el contrario se empeñò con otros muchos Mathematicos Franceses en defender, no solo la exactitud en general de la medida de *M. Cassini* ( de la que nadie dudaba ) sino tambien la particular en orden à la diferencia hallada en los grados , pretendiendo , que esta no podìa atribuirse à error , y que asì era real, è indubitable. Como *M. Cassini* en su Libro, no havia hablado del Phenomeno de los Pendulos en que fundaban *M. M. Huygens* , y *Newton* sus Theorias, *M. de Mairan* tomò à su cargo componer este Phenomeno con la figura Longa de la Tierra , lo que hizo en una Memoria, presentada à la Academia el año de 1720, que puede verse en las de dicho año. Impugnò su Systhema como imposible *M. Des-aiguiliers* en *Inglaterra* , el año 1726 en una Memoria , que se puede vèr en las *Transacciones Philosophicas* n.º 386. 387. y 388. Bien es verdad, que debemos advertir aquí , que *M. Clairaut* en su precioso y cientifico Libro <sup>a</sup> demuestra geometricamente , como pudiera componerse , que la Tierra fuesse Longa , y que con todo esso los Pendulos fuesen mas cortos en el Equador , que àcia los Polos , ò que las pesadezes de los Cuerpos fuesen allí menores , que en mayores Latitudes ; aunque segun su demonstracion en tal caso , la diminucion de los Pendulos en el Equador debìa ser mucho mayor , que la que se experimenta : esto es , de 8 , ò 9 lineas , en la suposicion de la medida de *M. Cassini* , y su determinacion del valor respectivo de los grados.

En fin entre estas disputas de una , y otra parte , quedaba indecisa para los imparciales la figura , que se debìa atribuir à la Tierra. La importancia de este assumpto no podìa ser mayor para la perfeccion de las Ciencias especu-

la;

\* Theoric de la figure de la Terre tirée des principes de l'Hydrostatique, part. 2. cap. 2. §. LIII.



lativas, y no menos para los usos humanos en muchas practicas. De su necesidad para el perfecto uso de la Navegacion hablaremos en el Libro 9 mas à la larga; ahora bastarà decir, que siendo diferentes las distancias de los Lugares, dadas unas mismas Longitudes, y Latitudes, en el un Systhema, que en el otro, son faciles de ver los errores, que cometerian los Navegantes en tal incertidumbre; y no estando determinada la figura de la Tierra, quièn sabia, hasta què punto podria llegar este error, y quan perniciosas podrian ser las consecuencias, à que induxesse.

La Geographia estaba expuesta à los mismos errores en colocar las distancias de los Lugares en las Cartas; y mas si era la opinion verdadera contraria à la que siguiessse el que las formasse; pues en una distancia de 100 grados se erraria en 2 grados por lo menos, el que supusiesse la Tierra Lata, y conforme à *M. Newton*, siendo Longa, y conforme à *M. Cassini*, ò al contrario.

En la Astronomia es asimismo visible la necesidad de fixar de una vez este principio, pues de èl depende el conocimiento de la verdadera paralaxe de la Luna, que sirve para medir sus distancias, determinar exactamente sus lugares en el Cielo, y conocer perfectamente sus movimientos, y quièn no sabe, que sobre el conocimiento exacto de estos movimientos, està fundada la mas razonable esperanza de hallar algun dia la suspirada Longitud geographica sobre el Mar?

Dexo à parte el conocimiento de la gravedad, y de la pesadèz de los Cuerpos, acafo el mas importante de toda la Phisica, pues este es el Agente universal de que Dios se sirve, mas principalmente para el gobierno de la naturaleza, ò movimiento de los Planetas en los Cielos, y en la



Tierra para todas las Machinas de que se sirven los Hom-  
bres.

Omito la perfeccion del Nivel , para traer de lexos las Aguas , abrir Canales , dár passo à los Mares , y mudar las corrientes à los Rios , con otros muchos conocimientos, que las Ciencias por el necessario encadenamiento de unas con otras pueden sacar de la verdadera determinacion de la figura de la Tierra.

En fin baste decir , que unos Reyes tan sabios , y circunspectos como los de la Real Casa de Borbòn , generosa Madre, sin disputa de las Ciencias en Europa, han expendido sumas increíbles ; y unos hombres tan habiles como los miembros de la Academia Real de *Paris* , Cuerpo sin duda de los mas respetables del Mundo , han emprendido gustosos, por espacio de mas de 40 años, los mas trabajosos afanes, solo por averiguar esta verdad; peleando à porfia la incomparable magnificencia de los Monarchas con la zelosa obediente diligencia de los Vassallos, por hacerse utiles, no solamente à la Patria, sino tambien à todo el resto del Orbe.

El ultimo esfuerzo de esta liberalidad , y de este zelo, fuè la generosa resolucion , que el Rey Christianissimo hizo comunicar à la Academia , por medio del Conde de *Maurepas*, Ministro, y Secretario de Estado de la Marina de Francia, de que determinasse, del modo mas plausible, esta cèlebre question , embiando à sus expensas dos tropas de los Miembros mas ilustres de su sabio Cuerpo, una al Norte , para medir un grado, lo mas cercano , que pudiesse ser al Polo, y otra à la America, para medir otro, lo mas cercano , que pudiesse ser al Equador. Este era el unico medio de determinar la figura de la Tierra, de modo, que no quedasse para en adelante duda alguna ; pues , ò bien fuesse



Lata , ò bien Longa , los grados debían ir aumentando , ò disminuyendo desde el Equador, hasta el Polo; y si comparando entre sí los grados vecinos , podía la diferencia de ellos confundirse, por ser muy pequeña, con los errores precisos de las Observaciones ; comparando dos grados lo mas distantes entre sí , que fuese posible , sería la diferencia de ellos tan considerable , que no pudiesse ocultarse à los Observadores ; y si fuese perfectamente esférica, los grados, por distantes que entre sí fuesen , se hallarían iguales, con la corta diferencia del error , que las Observaciones pudiesen producir.

Para executar esta empresa, verdaderamente Real, señaló S. M. Christianísima los Academicos , que debían ir al Norte , y fueron M. M. de *Maupertuis* , *Clairaut* , *Cames* , *le Monnier* , y el Abate *Outhier* , correspondiente de la Academia, à quienes despues se juntò, con beneplacito del Rey, M. *Celsius* , cèlebre Professor de Astronomia en *Upsal* , y por Secretario M. de *Sommereaux* , y M. de *Kerbelot* por dibujante. El Viage , y Observaciones hechas baxo el Circulo Polar sobre el Rio *Tornea* , que desagua en el Golfo *Bothnico* , se pueden ver en las *Memorias de la Academia Real* , y en el Libro de la *Figura de la Tierra* , que publicó à su vuelta el año 1738 M. de *Maupertuis*.

Para ir al Equador fueron señalados los Academicos M. M. *Godin* , *Bouguer* , y la *Condamine* , para hacer Observaciones Botánicas M. de *Jussieu* , Doctor en Medicina de la facultad de *París* , por Ayudantes M. M. *Verguin* , *Desodonais* , y *Couplet* , por dibujante M. de *Morainville* , por Cirujano M. *Seniergues* , y por Reloxero à M. *Hugot*. Pareció el Lugar mas à proposito, para hacer las Observaciones sobre el Equador, el territorio de *Quito* en la America Meridional,

en



en los Reynos del *Perù*, que està baxo de la Equinoccial. Pidióse licencia para passar à estos sus dominios al Rey N.S, el qual, no solo la concedió benignísimo, sino que quiso, que nosotros los acompañásemos, como yà dixe en el Prologo, è hiciésemos con ellos las mismas Observaciones, y otras, que S. M. se sirvió ordenarnos en sus Reales Instrucciones.

Grosera rusticidad sería no dàr aquí algun pequeño testimonio de nuestro aprecio, y estimacion al merito de los que por tanto tiempo hemos logrado por Compañeros, y de nuestro reconocimiento à las luces, que hemos debido à su comunicacion. Nuestros elogios ninguna recomendacion pueden añadir à sus talentos, sobre la Soberana, que les dà la elecion de su Rey; y así nos contentarémolos con hacerles la justicia de decir, que hacen justa la superior confianza de su Monarcha.

Ultimamente debémos advertir, que despues del regresso à *Francia* de los Academicos embiados al Norte, se volvió à medir de orden del Rey la linea Meridiana, que atraviesá la *Francia*, con Instrumentos mas exactos, y con mayor delicadeza, que se havia executado anteriormente. Encargóse esta medida à M. *Cassini de Thury*, nieto de M. *Cassini*, que la emprendió la primera vez, y à M. el Abate de la *Caille*; y haviendo estos executado su medida, con quanta precision es imaginable, hallaron, que esta se conformaba, con las medidas hechas en el Circulo Polar, y despues con las nuestras, hechas en el Equador, como se puede ver en las *Memorias de la Academia de las Ciencias*, y como nosotros dirémos en la Obra, que vamos à empezar.





Vicente de la Fuente: Esc. en Madrid.

# OBSERVACIONES

## ASTRONOMICAS, Y PHYSICAS,

hechas de Orden de S. M.



### LIBRO I.

#### Sobre la maxima Obliquidad de la Ecliptica.

#### CAPITULO I.

*De lo util, y necessario que es el observar la maxima Obliquidad de la Ecliptica.*



SIENDO la averiguacion de la maxima Obliquidad de la Ecliptica, ò del angulo, que este circulo forma con la Equinoccial, de las primeras observaciones, que se necesitan hacer en la practica de la Astronomia, parece, que debemos dár

A

prin-



principio por ella à nuestra Obra. De este conocimiento sin duda dependen casi todos los fundamentos de esta Ciencia, y su puntual exactitud. Las Ascensiones rectas, y Declinaciones del Sol, tan utiles, y precisas para la correccion de los tiempos, y guia unica de la Geographia, y Navegacion, estàn fundadas sobre la Obliquidad de la Ecliptica; y sin èsta no pudieran dàr passo aquellas Ciencias. El curso de los Planetas, su verdadero lugar en el Cielo, sus Eclipses, y aspectos dependen igualmente de este principio: y no menos las Declinaciones de las Estrellas, tan necessarias con las del Sol, para determinar las Latitudes de los Lugares. Asimismo, el gobierno de los Reloxes, con quienes se determinan las Longitudes, y la correccion de la variacion de la Aguja en la Navegacion, dependiendo de las Ascensiones rectas, y Declinaciones del Sol, no necesitan menos de la Obliquidad de la Ecliptica; la qual, hablando generalmente, se puede decir, que es la base de la Astronomia, y por consiguiente de la Geographia, y Navegacion, y asimismo de otras muchas partes dependientes de esta Ciencia.

Con este interès se aplicaron varios, y aun de los mas antiguos à examinar la Obliquidad de la Ecliptica: pero la mas antigua memoria, que tenemos, es de las observaciones hechas por *Pitheas*, y *Eratoſthenes*, que florecieron, el primero 324 años antes de Jesu Christo, y el segundo 230: aquèl diò la maxima Obliquidad de  $23^{\circ} 52' 41''$ , y èste de  $23^{\circ} 51' 20''$ . Despues acà ha havido muchos Astronomos, que la han observado; pero siempre han ido estableciendola menor, y menor: lo que ha hecho persuadir à los mas, que dicha Obliquidad vâ disminuyendo anualmente, y hà obligado à dedicarse todos à examinarla

con



con mas atencion ; los unos por assegurarfe de la primera cantidad establecida , y los otros de la pretendida disminucion ; à la qual muchos se oponian, atribuyendo las diversas asignaciones , que se le daban à la maxima Obliquidad, à yerro de las observaciones de los antiguos ; cuyo sentir no iba muy distante de lo veridico , pues ciertamente , no debemos esperar de los Instrumentos antiguos la existud deseada. En fin , que fuesse , ò no cierta una , ò otra opinion , no se podia comprobar mas , que por un considerable numero de observaciones exactas, y distantes.

Entre los varios methods , que hay , de observar la maxima Obliquidad de la Ecliptica , el mas propio es , el observar en los dos Solsticios la distancia Meridiana del centro del Sol al Zenith ; pues la mitad de la suma de ambas distancias debe ser la maxima Obliquidad.

En estas dos observaciones se debe hacer atencion à la refraccion , la qual es muy considerable en el Solsticio hyemal , y expuesta à graves alteraciones , à causa de lo muy baxo, que en Europa vemos à este Astro en la fazon: y como este inconveniente es mucho menor en el territorio de *Quito* , pues se halla la Ciudad capital casi sobre el Equador , pareciò , que no se debia despreciar esta conveniencia ; antes bien en caso tan apropiado , y que se tenian los Instrumentos necesarios para el intento , se discurriò como preciso el nuevo examen de la maxima Obliquidad de la Ecliptica , tan util , y aun necesario para casi todas las Ciencias en general ; cuyas reflexiones hicieron, que se emprendiesen las operaciones necesarias para su conclusion, como se verà en los Capítulos

siguientes.



## CAPITULO II.

*Observacion del Solsticio hyemal del año 1736.*

a Lamina I.

Con los motivos dichos anteriormente , se montò sobre una losa de piedra en la misma Ciudad de *Quito* , y en una Casa proxima à la Parroquia de *Santa Barbara* , el Instrumento , que llevaron los Academicos Franceses , destinado à observar la amplitud del arco de la Meridiana ; el qual tenia doce pies de radio , siendo construido segun muestra la figura I.<sup>a</sup> En esta AF representa el anteojo montado con el Micrometro A ; CB el limbo dividido en grados , minutos , y segundos , por medio de las transversales ; el qual comprehendía un arco de 30 grados ; D el centro , de donde pendía un hilo casi todo de pita DE , que mantenía el peso E : dixe casi todo de pita , porque en el parage que batía en el limbo era dicho hilo de plata , y muy delicado , para que con esso cortára limpiamente la transversal , y se pudiera juzgar de la altura mas facilmente. El todo del Instrumento estaba montado sobre un piè , como los de los Quartos de circulo , cuya descripcion se dà en el libro siguiente ; y hablando generalmente , no se diferenciaba de estos mas , que en contener solo un arco de 30 grados , quando los otros le contienen de 90 y mas grados : de donde se puede colegir , que no se diferencia el uso del un Instrumento , al del otro.

El unico defecto , que despues se le notò , fuè , que la barra de hierro KD , siendo tan larga , y estando tan poco sujeta , pues no tenía mas del anteojo , que le pudiera servir de apoyo , al menor movimiento temblaba , ù oscilaba



ba de fuerte , que comunicandole el propio movimiento al perpendicular DE , hacia dificultoso el estimar el parage de la transversal , que cortaba este.

Estando pues el Instrumento montado , como he dicho , en el mes de Diciembre de 1736, se hicieron con él las observaciones de la distancia Meridiana del Sol al Zenith siguientes.

Dia 21 distancia del limbo Austral

del Sol al Zenith

	$23^{\circ} \left\{ \begin{array}{l} 19' \\ 18 \end{array} \right. \begin{array}{l} a \\ 53'' \end{array}$
23	17 49
24	16 41
25	14 51
27	09 51

Estas es necesario corregirlas del error à que están expuestas , à causa de la situacion del anteojo ; porque , para que fuesen legitimas era preciso , que la visual del anteojo estuviese paralela à la linea , que tirada del centro del Instrumento , passa por el punto cero de la division. Esta correccion se averiguò como de ordinario , por medio de observar la distancia de un objeto al Zenith dos veces ; practicando la primera observacion con los grados internos del Instrumento respecto del anteojo , y la segunda con los externos ; pues la mitad de la suma de ambas observaciones , se diferencia de qualquiera de las dos en el error deseado : esto es , si en la figura I. el angulo ODI es el que se hallò en la primera observacion , que distaba el objeto del Zenith , y en la segunda el ODG ; la mitad de la suma de ambos , ò el angulo IDH se diferencia del pri-

<sup>a</sup> En la primera observacion se ven duplicados los minutos , y segundos , por denotar dos estimas , que se hicieron del parage , donde cortaba el aplomo , ò perpendicular la transversal del Instrumento.



primero ODI, ò del segundo ODG, del angulo ODH; el qual es el error, que procede en las observaciones, de que el anteojo FA no se halla paralelo à la linea DO, sino à la DH: pues bien claro es, que en la observacion se notò por la distancia del objeto al Zenith el angulo ODI, quando el verdadero es el HDI.

Se escogió para la práctica, y examen de esta correccion por objeto à la Estrella de Orión, que *Bayer* señala con  $\epsilon$ , la qual dista (à su transito por el Meridiano) muy poco del Zenith de *Quito*: observòse pues esta distancia, y se hallò en los grados internos como sigue.

Dia 9 de Enero de 1737.	00° 58' 18"
10	21 $\frac{1}{2}$
11	19
12	19

y en los grados externos.

Dia 26 de Enero	1 22 56 $\frac{1}{2}$
27	54 $\frac{1}{4}$
31	43
1 de Febrero	56

Excluyese de estas ultimas observaciones la tercera por diferenciarse mucho de las otras tres.

El medio arithmetico de las quatro primeras es	00° 58' 19 $\frac{1}{2}$
y el de tres de la segunda operacion	1 22 55 $\frac{1}{2}$
cuya semisuma es	1 10 37 $\frac{1}{2}$
la qual dà por correccion del anteojo aditiva	0 12 18

Las observaciones de la segunda operacion se pueden corregir de un movimiento extraño, que han notado varios Astronomos en las Estrellas, el qual ha explicado muy bien *M. Bradley* de la *Sociedad Real de Londres* en su Theo-



rica de la Aberracion de la luz , y descrito M. *Clairaut*, con el methodo de calcularle en las Memorias de su *Academia Real de París* del año 1737. Tomando pues esta Theorica como Hypothesis , y sirviendome de ella para calcular este movimiento de las Estrellas , hallo , que desde 10 à 30 de Enero tuvo e de diferencia de Aberracion  $2\frac{1}{2}''$  ; que substraídos de las observaciones de la segunda operacion , quedará el medio arithmetico de estas en

1° 22' 53''

y la semisuma en

1 10 36 $\frac{1}{4}$

la qual dà por correccion del anteojo aditiva 0 12 36 $\frac{3}{4}$

A mas de este error , se examinò el que podìa proceder de la colocacion del centro del Instrumento ; pues es cierto , que si dicho centro no estuviera colocado en su verdadero lugar , el angulo anotado en el limbo , no sería el legitimo. Para hacer este examen , se tomò entre las puntas de un *Compàs de vara* la distancia de una toesa ; la qual transportada al limbo del Instrumento , se viò , correspondìa à la cuerda de 28° 58' 43''. De esta razon se infiere , que el radio del Instrumento debìa ser de 11 pies, 11 pulgadas , y 10.64 lineas : pero examinando este por la linea , que saliendo del centro passa por el grado 13 $\frac{1}{2}$  de la division , se hallò , que solo constaba de 11 pies, 11 pulgadas , y 10.46 lineas : por lo qual , el verdadero centro del Instrumento distaba del limbo mas que el actual ( en la linea , que passaba por el grado 13 $\frac{1}{2}$  ) de 0.18 lineas.

Tambien por medio del hilo aplomo , ò perpendicular DE , se notò , que la distancia del centro actual D al punto cero de la division era mayor , que la del mismo centro D al punto del grado 25 $\frac{1}{2}$  , de una linea exacta.

Con estos datos averiguarémos la situacion , ò lugar del centro verdadero del Instrumento , suponiendo en la

fi-



figura 2, que sea DBA el limbo del Instrumento; D el grado  $25\frac{1}{2}$ ; B el  $13\frac{1}{2}$ ; A el punto cero de la division; K el centro actual, y C el verdadero: porque tirando la KE paralela à la tangente en el punto B, y por consiguiente perpendicular al radio CB, será  $CF = 0.18$  lineas, à causa de que BC, BK son sensiblemente paralelas. Asimismo, tirando la CH paralela à la tangente en el punto A, y la CM paralela à la tangente en el punto D, con las perpendiculares à estas KL, KM, tendremos tambien  $KL + KM = 1.00$  lineas. Además de esto, se tienen conocidos los angulos  $ACB = CEK = 13\frac{1}{2}$ , y  $BCD = CIF = 12^\circ$ ; con que suponiendo,

$$a = KL + KM$$

$$b = CF$$

$$R = \text{al radio}$$

$$S = \text{al seno del angulo CEK}$$

$$C = \text{à su seno } 2$$

$$s = \text{al seno del angulo CIF}$$

$$c = \text{à su seno } 2$$

$$x = KL$$

$$y = CL$$

hecho el calculo se hallarán,

$$x = \frac{RSa + Csb + Scb}{(S + s).R} \quad y = \frac{Cx - Rb}{S}$$

Si despues de esto, suponemos  $S = s$ , y  $C = c$ , lo que no puede producir yerro sensible en el caso presente, las formulas se reduciràn à

$$x = \frac{1}{2}a + \frac{Cb}{R} \quad y = \frac{Ca}{2S} - \frac{Sb}{R}$$



ò llamando T la tangente del complemento de qualquiera

de los angulos ACB, BCD;  $y = \frac{Ta}{2R} - \frac{Sb}{R}$ .

Segun esto, son  $x = 0.676$ ,  $y = 2.216$  lineas: de donde se deduce  $CK = 2.317$  lineas; y el angulo KCA  $= 73^{\circ} 01'$ .

Sabida la situacion del verdadero centro respecto del actual, para deducir la correccion, que de ella se debe hacer en los angulos observados, es necesario considerar en la figura 3, que si el angulo  $aKs$  ( $= ACS$ , por ser  $Ka$ ,  $KS$  paralelas à  $CA$ ,  $CS$ ) es el observado, el arco  $as$  havrà dado la medida de este angulo; en lugar, que el legitimo, y que se debiera haver notado es  $AS$ : por lo qual, lo que este fuere mayor, ò menor, que el antecedente, se debe añadir à la observacion, para tenerla correcta. Esta cantidad es igual al exceso, ò defecto de la  $KQ$ , perpendicular à  $CS$ , sobre la  $KP$ , perpendicular à  $CA$ : y se hallarà suponiendo,

$$a = CK = 2.317$$

$$b = KP = 2.216$$

$$S = \text{al seno del angulo } KCS, \text{ ò } KCQ.$$

porque tendrèmos  $R : S = a : \frac{aS}{R} = KQ$ ; y el exceso, ò

defecto de  $KQ$  sobre  $KP = \frac{aS}{R} - b$ . Llamefe ahora el

radio del Instrumento, que es de 11 pies, 11 pulgadas,

10.64 lineas, ò de 12 pies,  $r$ ; y tendrèmos:  $r : \frac{aS}{R} - b$

B

$= R:$



$= R: \frac{aS - Rb}{r} =$  al angulo, ò correccion, que se debe hacer à la observacion.

Segun esto la correccion, que por este motivo nos toca hacer à las observaciones del Sol, es de 10" aditiva.

Pero se verá claramente, que la que les pertenece à las observaciones de  $\epsilon$  de Oriòn es  $= 0$ ; porque en este caso

$S =$  al seno del angulo KCA  $= \frac{Rb}{a}$ : cuya cantidad pue-

ta en  $\frac{aS - Rb}{r}$  en lugar de S, quedará esta formula en

$$\frac{Rb - Rb}{r} = 0.$$

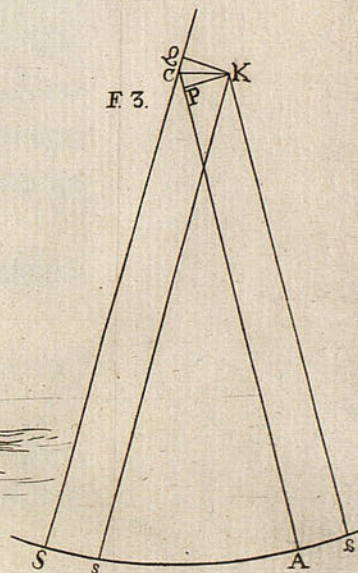
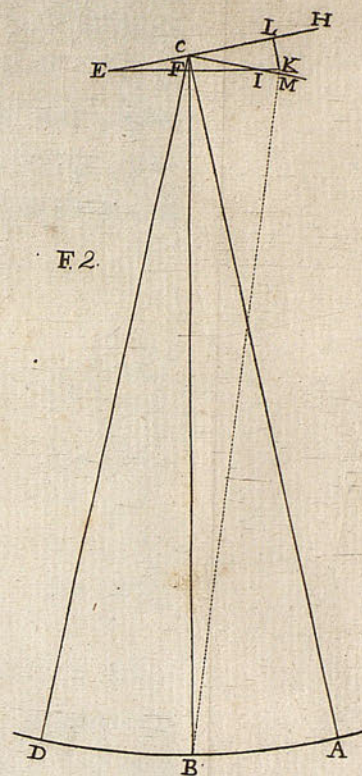
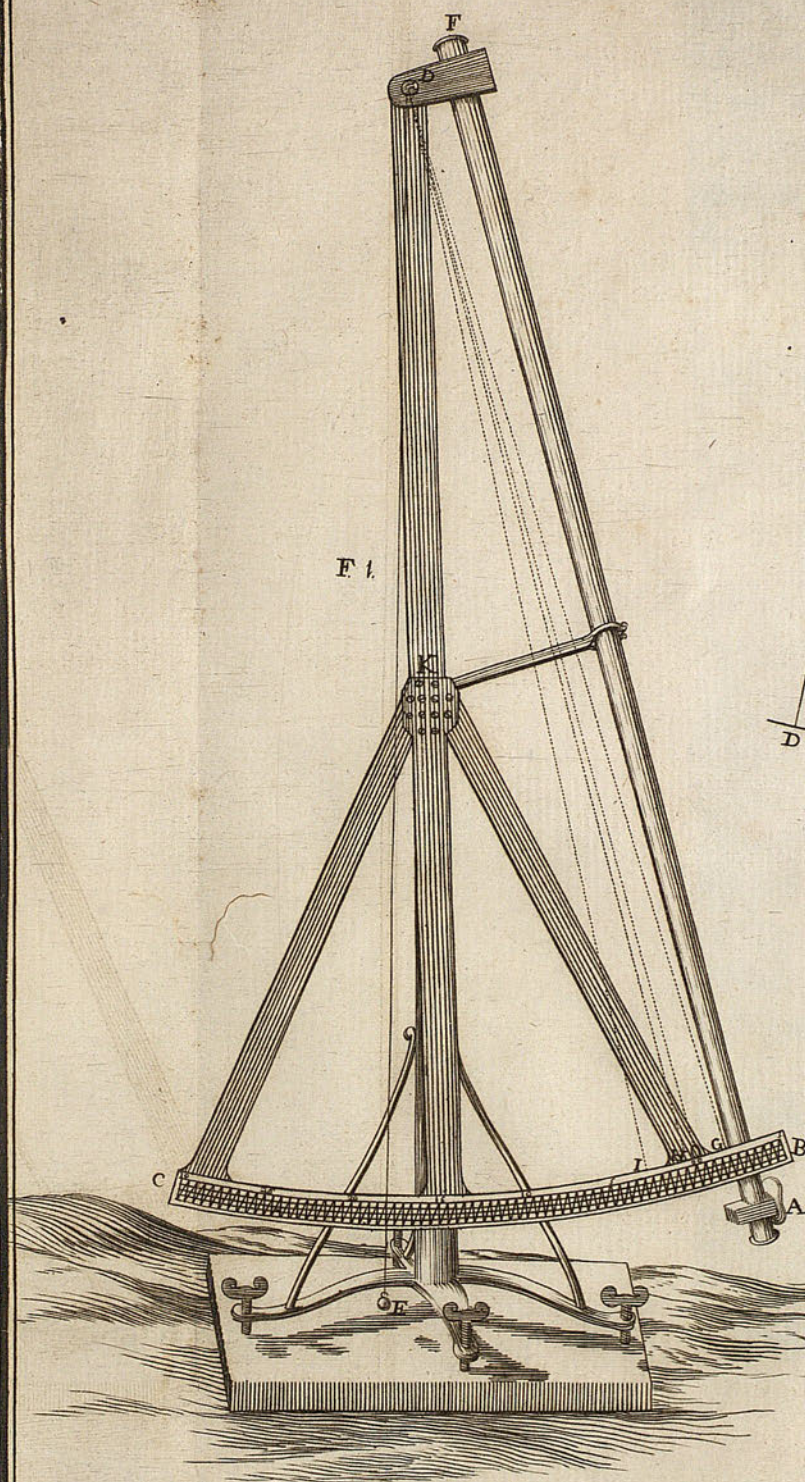
Siendo aditivas las dos correcciones, que tenemos examinadas, y debemos hacer à las observaciones solares, la una de  $12' 16\frac{3}{4}''$ , y la otra de 10"; si añadimos la suma de ellas  $12' 26\frac{3}{4}''$  à dichas observaciones, nos quedarán estas correctas; esto es,

La del dia 21 de Diciembre de 1736	23° 31'	$\left\{ \begin{array}{l} 29\frac{3}{4}'' \\ 19\frac{3}{4}'' \end{array} \right.$
23		30 15 $\frac{3}{4}$
24		29 07 $\frac{3}{4}$
25		27 17 $\frac{3}{4}$
27		22 17 $\frac{3}{4}$

Para deducir de estas observaciones las verdaderas distancias Meridianas del centro del Sol al Zenith, se han de corregir del semidiametro aparente; de la refraccion; y de la paralaxe. El semidiametro aparente es segun *M. de Louville* de  $16' 18''$  subtractivos; la refraccion segun la Tabla, que construyó *M. Bouguer*, propia para la Zona Torrida,

es











es de  $13\frac{1}{2}''$  aditivos; y la paralaxe segun el *Conocimiento de los tiempos*, que sale todos los años à luz de la *Academia Real de las Ciencias de Paris*, es de  $5\frac{1}{2}''$  substractivos<sup>a</sup>: cuyas tres correcciones reducidas à una, nos dãn  $16' 10''$ , que debemos substraer de las observaciones antecedentes, para que nos dên las verdaderas distancias Meridianas del centro del Sol al Zenith: y asì las tendremos,

Dia 21 de Diciembre de 1736 distancia

Meridiana del centro del Sol  
al Zenith

23	23° 15' $\left\{ \begin{array}{l} 19\frac{3}{4}'' \\ 09\frac{3}{4}'' \end{array} \right.$
24	14 05 $\frac{3}{4}$
25	12 57 $\frac{3}{4}$
26	11 07 $\frac{3}{4}$
27	06 07 $\frac{3}{4}$

De estas distancias debemos deducir, la distancia Meridiana del Tropico de Capricornio al Zenith, añadiendo à aquellas la mutacion en Declinacion, que tuvo el Sol desde el instante, en que sucedió el Solsticio, hasta la hora de la observacion; la qual se puede hallar por medio de la formula, que dà *Christiano Wolfio* en sus *Elementos de Mathematica* Tomo 3 pag. 470, ò el *Doct. Gregori* en su *Astronomia phisica* lib. 3 propos. 11 para hallar la hora, en que sucede el Solsticio por medio de tres observaciones como las siguientes. Este Author supone,

$a$  = al tiempo pasado entre primera, y seg.<sup>a</sup> observacion

$b$  = al tiempo pasado entre segunda, y tercera

$c$  = à la mutacion en Declinacion de la primera à la segunda observacion

$d$  =

<sup>a</sup> Las Tablas, de quienes se han deducido estas cantidades, se hallan insertas al fin de este Libro.



$d$  == à la mutacion en Declinacion de la seg.<sup>a</sup> à la tercera  
 $x$  == al tiempo passado desde el punto del Solsticio à la  
 segunda observacion

$m$  == à la mutacion en Declinacion desde el punto del  
 Solsticio à la hora de la segunda observacion

$r$  == al parametro de una Parabola , cuyas ordenadas son

$a, b, x$ : y dice que  $m = \frac{x^2}{r}$  ,  $r = \frac{a^2 + 2ax}{c}$   $x = \dots$

$$\frac{b^2c - a^2d}{2ad + 2bc}.$$

De las dos primeras formulas se deduce esta otra  $m =$   
 $\frac{cx^2}{a^2 + 2ax}.$

Ahora es necesario advertir , que el *Doct. Gregori* deduxo estas formulas suponiendo , que de las tres observaciones, la primera, y segunda se hicieron antes del Solsticio, y la tercera despues : pero si todas se huvieran hecho despues del Solsticio como en el caso presente , las formulas

debìan ser  $x = \frac{a^2d + b^2c}{2ad - 2bc}$   $m = \frac{cx^2}{2ax - a^2}.$

Segun esto no necesitamos mas que tres observaciones para deducir el valor de  $x$  ; con que con las cinco hechas, podemos hallar diez valores de  $x$  , por poderse combinar las cinco observaciones de diez modos distintos , tomándolas de tres en tres ; los quales diez valores deben dàr el tiempo , en que sucediò el Solsticio , al mismo minuto , y segundo , si las observaciones estàn exactamente precisas:

pero

<sup>a</sup> Esta letra no la incluye en su calculo el *Doct. Gregori* , pero yo lo hago por mayor comodidad.



pero como no puede dexar de ocasionarse el yerro de 4, ò 6 segundos en ellas , qualquiera de estos es suficiente , para que los valores , que se deduzcan de  $x$  , no den el tiempo , en que sucediò el Solsticio à la hora precisa. No es menester mas , para convencerse de esto ultimo , que hacer el calculo, sirviendose de la formula  $x = \frac{a^2d - b^2c}{2ad - 2bc}$ ,

pues se verà la disparidad, con que nuestras cinco observaciones determinan el Solsticio. Si las tres primeras<sup>a</sup> le dãn el dia 20 à la 1<sup>h</sup> 33' de la tarde; segunda, tercera, y quarta le dãn el dia 22 à las 9<sup>h</sup> 08½' de la mañana : y aunque estas dos combinaciones son las que mas se apartan de lo cierto , sin embargo , entre las otras no dexa de haver bastante diferencia.

Esto procede , de que las cinco observaciones no figuen la ley , que deben : esto es , que las mutaciones en Declinacion , que le dãn al Sol , no son como los quadrados de los tiempos, en que las tuvo : cuya ley se ha de guardar inviolablemente en tiempo , que este Astro està en las cercanías de los Tropicos.

Debemos pues corregir nuestras observaciones de fuerte , que guardando dicha ley , no disten mucho de lo observado , ò se alteren lo menos que sea posible , aumentando en la misma cantidad la pequeña, que se disminuyere la muy grande. Baxo de cuyo supuesto, el modo, en que deben quedar las observaciones, es como se sigue.

<sup>a</sup> Sirviendose en la primera observacion de la primera estima.



# Observaciones correctas de la distancia Meridiana del centro del Sol al Zenith hechas en

	por la primera estima.	por la segunda estima.
21 de Diciembre de 1736	23° 15' 12 $\frac{3}{4}$ "	23° 15' 09 $\frac{1}{4}$ "
23	14 12 $\frac{1}{4}$ "	14 08 $\frac{3}{4}$ "
24	12 57 $\frac{3}{4}$ "	12 54 $\frac{1}{4}$ "
25	11 11 $\frac{3}{4}$ "	11 08 $\frac{1}{4}$ "
27	06 14 $\frac{3}{4}$ "	06 12 $\frac{1}{4}$ "

Bien se pudiera no haver disminuido tanto la observacion del dia 21 en la primera estima ; pero para ello , era necesario admitir mas yerro en qualquiera de las otras: las quales dispuestas en esta forma , no solo no passa el mayor yerro de 7" , pero dan , haver sucedido el Solsticio el dia 21 à las 11 horas , y 44 minutos de la mañana , que se acerca mucho al tiempo , à que le dan las Tablas Astronomicas. Sin embargo parece , que la segunda estima nos dà aun mayor justificacion : pues determinando el Solsticio à la misma hora , no sube el mayor yerro à mas de 3 $\frac{1}{2}$ " : y asì discurro , que nos debemos servir de ella.

Haviendo sucedido el Solsticio tan cerca del medio dia 21 , la mutacion en Declinacion , que tuvo el Sol desde un tiempo al otro , es casi nula: esto es,  $m=0$ : y asì la distancia Meridiana del Tropico de Capricornio al Zenith

de Quito serà de 23° 15' 09 $\frac{1}{4}$ ".

(::)



## CAPITULO III.

*Observacion del Solsticio estival del año 1736.*

**H**Echas las observaciones antecedentes, se conservò el Instrumento en el propio estado, y lugar, hasta el Solsticio estival proximo de 1737, que se observò del mismo modo, y con las mismas precauciones, en esta forma.

Dia 20 de Junio, distancia Meridiana del  
limbo Septentrional del Sol al  
Zenith

23° 44' 57"

21

45 08

22

44 56

23

44 03

24

del limbo Austral

11 30

Despues de esto, se rectificò el Instrumento, igualmente sobre la Estrella  $\epsilon$  de Oriòn, tomando à su transito por el Meridiano las distancias Meridianas de ella al Zenith, que se figuen.

En los grados externos respecto del antejo.

Dia 1 de Julio de 1737

1° 22' 19"

2

27

5

29

7

33

En los grados internos.

Dia 28 de Julio

00° 58' 39"

30

39

3 de Agosto

41

El medio arithmetico de las quatro prime-

ras es

1 22 29 $\frac{1}{2}$ 

y



y el de las tres de la segunda operacion  $0^{\circ} 58' 39\frac{1}{2}''$   
 cuya semisuma es  $1^{\circ} 10' 34\frac{1}{2}''$

la qual dà por correccion del anteojo aditiva  $0^{\circ} 11' 55''$

Si las observaciones de la segunda operacion se quie-  
 ren corregir tambien de  $3\frac{1}{2}''$ , que padeciò mas de Aberra-  
 cion de la luz  $\epsilon$  à  $31$  de Julio, que à  $4$ : el medio arithmé-  
 tico de estas observaciones será entonces de  $0^{\circ} 58' 43''$   
 y la semisuma  $1^{\circ} 10' 36\frac{1}{4}''$

la qual dà por correccion del anteojo aditiva  $0^{\circ} 11' 53\frac{1}{4}''$

Esta correccion es menor, que la que se hallò en el Sol-  
 sticio hyemal de  $23\frac{1}{2}''$ ; cuya diferencia procediò, de haver-  
 se mudado para las observaciones de este Solsticio los hilos  
 del Micrometro del anteojo.

Debemos pues corregir las observaciones solares de es-  
 tos  $11' 53\frac{1}{4}''$ ; y à mas de los  $10''$  que nos diò en el Capi-  
 tulo antecedente la mala situacion del centro del Instru-  
 mento: cuya suma es de  $12' 03\frac{1}{4}''$ : y así quedaràn dichas  
 observaciones de esta fuerte.

La del dia 20 de Junio	$23^{\circ} 57' 00\frac{1}{4}''$
21	$11\frac{1}{4}''$
22	$56' 59\frac{1}{4}''$
23	$06\frac{1}{4}''$
24	$23' 33\frac{1}{4}''$

Ademàs de esto, empleando  $15' 47''$  de semidiametro  
 aparente, segun *M. de Louville*; y la misma refraccion, y  
 paralaxe, que en el Capitulo antecedente: tendrèmos las  
 distancias Meridianas del centro del Sol al Zenith, como  
 se figue.

Dia 20 de Junio de 1737, distancia  
 Meridiana del centro del Sol  
 al Zenith

$23^{\circ} 41' 21\frac{1}{4}''$   
 Dia



HECHAS DE ORDEN DE S.M.

17

Dia 21	23° 41' 32 $\frac{1}{4}$ "
22	41 20 $\frac{1}{4}$
23	40 27 $\frac{1}{4}$
24	39 28 $\frac{1}{4}$

Las observaciones de los dias 20, y 22, siendo casi de un propio valor, pues no se diferencian mas que en un segundo, determinan, haver sucedido el Solsticio el 21 à medio dia; porque en tal caso  $x = \frac{b^2c - a^2d}{2ad - 2bc} = 0$ ; à causa de que  $b=a$ ,  $c=d$ : lo qual conviene muy bien con las Tablas Astronomicas.

Establecido pues el Solsticio el 21 à medio dia; para que las observaciones figan la ley, que se dixo en el Capitulo antecedente, y queden lo menos alteradas, que sea posible, se han de corregir de esta forma.

Observaciones correctas de la distancia Meridiana del centro del Sol al Zenith,  
hechas en

20 de Junio de 1737	23° 41' 17 $\frac{1}{2}$ "
21	32
22	37 $\frac{1}{2}$
23	40 34
24	39 21 $\frac{1}{2}$

En estas observaciones el mayor yerro no passa de 6 $\frac{1}{4}$ " : y segun la correccion, la distancia Meridiana del Tropico de Cancer al Zenith de *Quito* es de 23° 41' 32".



## CONCLUSION.

**D**Eterminadas yà las dos distancias Meridianas de los Trópicos al Zenith de *Quito*, la suma de ellas nos darà la distancia entre los Trópicos; y la mitad de èsta la maxima Obliquidad de la Ecliptica: por lo qual,

Distancia Meridiana del Trópico de Capricornio

al Zenith de *Quito*  $23^{\circ} 15' 09\frac{1}{4}''$

la misma del Trópico de Cancer  $23 \quad 41 \quad 32$

Suma, distancia entre los Trópicos  $46 \quad 56 \quad 41\frac{1}{4}$

Semifuma, maxima Obliquidad de la Eclipt.  $23 \quad 28 \quad 20\frac{5}{8}$

Esto es, despreciando el corto quebrado; la maxima Obliquidad de la Ecliptica à fines de Marzo de 1737 fuè de  $23^{\circ} 28' 20''$ : cuya cantidad se hallò tambien en el Observatorio de *París*, en el año 1738, como se vè en los *Elementos de Astronomia* de *M. Cassini* pagina 113.

## CAPITULO IV.

*Reflexiones sobre la disminucion de la maxima Obliquidad de la Ecliptica.*

**Y**A se dixo en el Capitulo primero, como varios Autores son de dictamen, de que la Obliquidad de la Ecliptica disminuye anualmente, fundados en que las observaciones, que se han hecho de ella, se hallan menores, y menores: y que este sentir no ha sido generalmente recibido, à causa de que no se hallaba la exactitud necesaria en los Instrumentos de los Antiguos. Lo primero se examinarà, cotejando las diversas observaciones hechas en todos tiempos, empezando por la de *Pithèas*, que es



es la mas antigua , de que tenemos memoria : las quales se hallan en varios Autores , como se sigue.

<i>Pithèas</i> . . . . .	324 años antes de Jesu Christo la hallò de	23° 52' 41"
<i>Eratòsthenes</i>	230	51 20
<i>Hiparco</i>	140	51 20
<i>Ptolomèò</i>	140 años despues de J. C.	51 10
<i>Pappo</i>	390	30 00
<i>Albategnio</i>	880	35 00
<i>Arzachel</i>	1070	34 00
<i>Prophacio</i>	1300	32 00
<i>Regiomontano</i>	1460	30 00
<i>Walthero</i>	1500	30 00
<i>Copernico</i>	1525	28 30
<i>Rothmano, y Byrgio</i>	1570	30 20
<i>Dantìcio</i>	1570	29 55
<i>Tycho</i>	1587	31 30
<i>Keplero</i>	1627	30 30
<i>Gassendo</i>	1636	31 00
<i>Riccioli</i>	1646	30 20
<i>Cassini</i>	1656	29 02
<i>Richèr</i>	1672	28 54
<i>M. de Louville</i>	1715	28 24
Por las ultimas observaciones de 1737, y 1738		28 20

Si se admiten por exactas las observaciones de los Anti- guos , no hay duda , que la maxima Obliquidad de la Ecliptica ha disminuìdo desde el tiempo de Jesu Christo al nuestro ; pero si se hace atencion à muchas de ellas , se verà por su poca concordancia comprobada la opinion, que atribuye la alteracion de ellas à la poca exactitud de los Instrumentos antiguos : pues si *Ptolomèò* nos asigna



$23^{\circ} 51' 10''$ ; Pappo con sola la diferencia de 250 años nos dà  $23^{\circ} 30'$ , aproximandose mucho à nuestras observaciones modernas, que se han hecho 1300 años despues: y al contrario en 200 años, que se han passado desde la observacion de Copernico à las nuestras, no se halla casi diferencia en la asignacion de la maxima Obliquidad de la Ecliptica; quando la de Tycho es 3 minutos mayor, que la primera, habiendose hecho mucho despues.

Si el cotejo de las observaciones de los Antiguos nos enseñan la poca exactitud de sus Instrumentos, mucho mas se reconoce, haciendo atencion à la construccion, y uso de èstos. Un Estilo erigido perpendicularmente sobre una superficie plana, ò concava, era el ordinario de ellos; y el notar la sombra del mismo Estilo sobre la superficie, y despues hallar por medida la razon del Estilo à la sombra, y por èsta el angulo de la altura del Astro, era toda la practica del Instrumento. Ahora pues, à quantos errores no està expuesto todo ello? aunque se prescindida de la construccion del Instrumento, en la qual solo para erigir el Estilo perpendicularmente havrà mil dificultades, bien sabido es, que la sombra del Estilo no determina ni el limbo superior del Sol, ni el inferior, ni el centro, como lo manifiesta M. Bouguer en su obra intitulada *De la methode d'observer exactement sur Mer la hauteur des Astres* pag. 36, sobre cuyo assumpto hizo varias experiencias: por lo qual qualquiera de los tres puntos referidos, que tomassen los Antiguos por legitimo, no podìa dexar de darles yerros considerables; à mas del que por otro lado les daría la averiguacion de la razon del Estilo à la sombra, en lo qual las mayores precauciones del Mundo no son suficientes.

Estas



Estas reflexiones hicieron con mucha razon, que no admitiessen algunos la diminucion de la Obliquidad de la Ecliptica; pero sin embargo, parece no haver motivo, mas que para dudar de ello: porque la misma discordancia entre las observaciones, no llega à probar mas, que la poca seguridad de ellas.

El mismo motivo de duda se hallarà, aun atendiendo solo à las observaciones modernas; porque aunque èstas convengan, para afirmar la exactitud de las operaciones, la diminucion que nos dãn de la Obliquidad de la Ecliptica, no es de tal fuerte, que se pueda afirmar: si se supone la diminucion entre las observaciones de *M. M. Richer*, y de *Louville* cierta, esto es, de 3" en 43 años, no se halla la misma entre las de *M. de Louville*, y nuestras, las quales no dãn mas que 4" en 27 años; lo que mas prueba confianza en la Obliquidad de la Ecliptica, que la pretendida diminucion.

Sin embargo se puede dexar la question indecisa, hasta que el tiempo, con mayor numero de observaciones exactas, nos la resuelva: y dirè por ultimo, que por las que tiene practicadas *M. le Monnier* de la *R. Academia de las Ciencias de Paris* anualmente, se inclina este Astronomo à creer, que la maxima Obliquidad de la Ecliptica varìa, pero no con el orden de disminuir constantemente; sino que algunos años disminuye, y otros aumenta: cuyo dictamen no solo persuaden la sutileza, y precision de los Instrumentos, que vi en su Observatorio de *Paris*, sino tambien la misma discordancia, que notamos arriba, de las observaciones antiguas, y modernas. Este sentir, prescindiendo de su realidad, conviene muy bien con la theorica de la Astronomia moderna; pues en ella los varios  
lu-



lugares de la Luna respecto del Sol , deben alterar la maxima Obliquidad de la Ecliptica , no solo en el discurso de años ; sino tambien en el de meses , como se puede ver en la proposicion 21 del Libro 3 de la *Philosophia natural* de M. Newton , y en la *Astronomia Phisica* del Doct. Gregòri , donde se habla ampliamente.

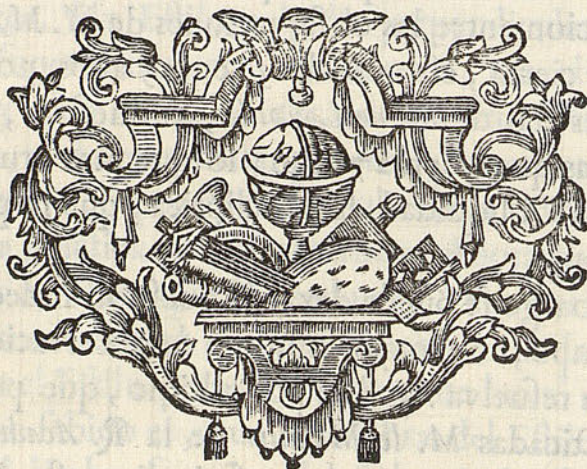




Tabla de la  
Paralaxe  
segun el Conoci-  
miento de los  
tiempos.

Alturas aparen- tes.	Parala- xe.
o	' "
0	0 10
10	0 10
20	0 09
30	0 09
40	0 08
50	0 06
60	0 05
70	0 03
80	0 02
90	0 00

Tabla de Refracciones Astronomicas  
para todo el extendido de la Zona Torrida  
observadas por *M. Bouguer*.

Alturas aparen- tes.	Refrac- cion.	Alturas aparen- tes.	Refrac- cion.	Alturas aparen- tes.	Refrac- cion.
o	' "	o	' "	o	' "
0	27 00	31	00 53	61	00 17
1	20 31	32	00 51	62	00 17
2	15 49	33	00 49	63	00 16
3	12 10	34	00 47	64	00 15
4	10 01	35	00 46	65	00 14
5	08 21	36	00 44	66	00 14
6	07 03	37	00 43	67	00 13
7	05 49	38	00 41	68	00 13
8	05 02	39	00 40	69	00 12
9	04 42	40	00 38	70	00 12
10	03 44	41	00 37	71	00 11
11	03 15	42	00 36	72	00 11
12	02 52	43	00 34	73	00 10
13	02 29	44	00 33	74	00 09
14	02 15	45	00 32	75	00 08
15	02 05	46	00 31	76	00 7 $\frac{1}{2}$
16	01 56	47	00 30	77	00 7
17	01 49	48	00 29	78	00 6 $\frac{1}{2}$
18	01 42	49	00 28	79	00 6 $\frac{1}{2}$
19	01 36	50	00 27	80	00 5 $\frac{1}{2}$
20	01 30	51	00 26	81	00 5
21	01 25	52	00 25	82	00 4 $\frac{1}{2}$
22	01 20	53	00 24	83	00 4
23	01 16	54	00 23	84	00 3 $\frac{1}{2}$
24	01 13	55	00 22	85	00 3
25	01 09	56	00 21	86	00 2
26	01 06	57	00 21	87	00 1 $\frac{1}{2}$
27	01 03	58	00 20	88	00 1
28	01 01	59	00 19	89	00 0 $\frac{1}{2}$
29	00 58	60	00 18	90	00 0
30	00 56				

Tabla de los  
Diametros hori-  
zontales del Sol,  
observados por  
*M. de Louville*.

Anoma- lia de el Sol ver- dadera.	Dia- me- tros del Sol.
Sig. o	' "
0 0	31 33
5	31 33
10	31 34
15	31 35
20	31 35
25	31 36
30	31 37
1	5 31 38
10	31 40
15	31 42
20	31 44
25	31 47
30	31 49
2	5 31 51
10	31 54
15	31 56
20	31 59
25	32 01
30	32 04
3	5 32 07
10	32 10
15	32 12
20	32 15
25	32 18
30	32 20
4	5 32 23
10	32 25
15	32 27
20	32 30
25	32 31
30	32 33
5	5 32 34
10	32 35
15	32 36
20	32 36
25	32 37
30	32 37







## LIBRO II.

## De las Observaciones de Latitud.

## CAPITULO I.

*Que contiene las Observaciones hechas con el Annulo Astronómico, y el Quarto de circulo.*



NO de los puntos, mas esenciales de las Cartas hydrographicas, es el situar exactamente los Lugares en su verdadera Latitud, por ser solo éste el unico dato, de que se valen los Marineros, y en el que estriva su mayor seguridad. Por este motivo entre las ordenes, que se sirvió S. M. incluir en la Instruccion, que nos dió, antes de salir de *Cadiz*, fué una, que observásemos las Latitudes de los Lugares, por donde transitásemos, à fin de perficionar con ellas la Geographía, y la Navegacion. Para estas, y otras observaciones, que se nos mandaban hacer en la misma Instruccion, se embiaron las ordenes necessarias à *Paris*, para que se nos dirigiesen los Instrumentos propios al intento; advirtiendonos, que era preciso emprender el Viage antes de su conclusion, por no perder el que hacían à *Cartagena* los dos Navios de guerra el *Conquistador*, y el *Incendio*, y estar prontos anticipadamente à hacerle tambien los Académicos Franceses.

Con esto habiendo salido de *Cadiz*, y llegando à *Cartagena*, no encontrando allí à los Académicos Franceses, y deseosos de ocuparnos en hacer algunas observaciones, supimos, que en poder de *D. Joseph Herrera* se hallaban un



Annulo Astronómico, y dos Telescópios ; siendo el primero , el que havía servido al *P. Feuillee* en su Viage al *Perù* , y describe en su tratado sobre el assunto : solicitamoslos del dueño ; de quien haviendolos obtenido , procuramos igualmente un Pendulo , que nos fuè subministrado por *D. Joseph Barèn* : con cuyos Instrumentos tuvimos lo effencial , para executar algunas observaciones ; aunque no de la mayor justificacion , porque el Annulo no es Instrumento de la precision , que requieren las observaciones Astronómicas : pero en el caso , que no se presentaba otro , y en el intermedio , que llegaban los de S. M , nos pareció mas conveniente el aprovecharnos de él , que perder el tiempo ociosamente : sin embargo no discordaron mucho las observaciones executadas con él , de las que se hicieron con el Quarto de circulo , como se verá adelante.

Como el *P. Feuillee* diò la descripcion de este propio Instrumento , segun dixe , no creo necessario hacerla yo de nuevo ; y mas no siendo muy à proposito para el efecto. Solo me parece conveniente advertir , que su poca justificacion llega à tanto , sin embargo de lo que dice el *P. Feuillee* , que un minuto mas , ò menos de altura no es yerro sensible en él : la imagen del Sol la representa no mas gruesa , que de dos lineas de diametro , y por consiguiente una linea vale en el 16 minutos , y un minuto  $\frac{1}{16}$  de linea ; cantidad , que puede muy facilmente dexar de percibir el Observador : y así será bastante justificacion juzgar prudentemente la altura del Astro en este Instrumento ( no teniendo mas divisiones , que la de grados enteros ) à un minuto de diferencia : agregandose à esto , que dicha imagen està siempre tan confusa , y mal terminada ,  
que



que es de suma dificultad el notar su disco, y juzgar la altura, en que se halla; no obstante en los dias claros, y de buen Sol, que afsi los requiere el Instrumento, al instante, que el Planeta havia llegado al Meridiano (cuya hora, minuto, y segundo teníamos examinada en el Pendulo, por las alturas correspondientes, como se dirà en el libro siguiente) señalabamos, lo mejor que permitía la terminacion del disco, un punto sobre el, que despues examinabamos con una Pantometra, quanto distaba del mas cercano grado, y concluíamos la altura Meridiana del Sol.

En esta conformidad hicimos las observaciones, que se figuen, siendo la primera la del dia 25 de Julio de 1735.

Altura Meridiana aparente del limbo superior del Sol	' 81° 00' 00"
Refraccion substractiva	5
Altura Meridiana verdadera del limbo superior del Sol	80 59 55
Semidiametro aparente del Sol substractivo	15 48
Altura verdadera del centro del Sol	80 44 07
Declinacion septentrional aditiva	19 42 36 $\frac{1}{2}$
Latitud de <i>Cartagena</i>	10 26 43 $\frac{1}{2}$

La refraccion, y semidiametro aparente, que empleo, son los que di en las tablas del Libro antecedente. La Declinacion del Sol la he deducido por las que inserto al ultimo de este, que calculámos *M. Godin*, y Yo, por no hallarse ningunas, entre tantas como traen los Autores, que dexen arbitraria la maxima Declinacion del Sol, como se ve en estas; haviendome servido al presente de 23° 28' 20" en conformidad de lo que determinamos en el Libro antecedente. El lugar del Sol en la Ecliptica, para



deducir la Declinacion por dichas tablas , lo he calculado por las de *M. de la Hire* , que son las que copió el *P. Tosca* en su tomo octavo de *Mathematicas* : y las diferencias de Meridianos , que empleo para este efecto , son las que expondré en el Libro siguiente.

En el caso antecedente de hallar la Latitud , no corregí la paralaxe , por ser con corta diferencia cero en el grado de altura , que se observò ; pero en los demás , donde huviesse alguna , empleo la que di en la tabla del Libro antecedente , que fuè la que observò *M. Cassini* ; aunque algunos Autores la dàn mayor , hasta señalar la horizontal de 40 segundos : no obstante *M. M. Newton* , y *Flamsteed* no la creen mas que de 12 segundos , que casi concuerda con la de *M. Cassini* , por cuyo motivo me he valído de ella.

No sirviendo mas que de confusion , y alargar la narracion , incluir los elementos de los calculos de las Latitudes ; me parece mas propio , despues de haver explicado el methodo , con que se observaba , y notado los Autores , de quienes he sacado tanto las refracciones , como semidiametros aparentes , Declinaciones , y paralaxes , formar una tabla de todas las observaciones , en la qual se incluyan los dias , en que se hicieron , los sugetos que observaron , la altura Meridiana , que se hallò , y en fin la resulta de ella , despues del calculo hecho , esto es , la Latitud que resulta ; y con esso se tienen en una sola pagina todas las observaciones hechas , y se evita recorrer el Libro entero para hallarlas : pudiendo ademàs de esto el curioso , si le pareciere , teniendo la observacion , y el dia , en que se hizo , calcular la Latitud con otros elementos , que mas bien le quadraren : pero discurro , que los de que me hè valído , son los mas adequados , y recibidos.

Ob-



Observaciones de Latitud , hechas en *Cartagena* por *D. Antonio de Ulloa*, y por mí con el Annulo astronómico, que fuè del *P. Feuillee*.

		Alturas Meridianas del Limbo superior del Sol.			Latitud de <i>Cartagena</i> . N.		
		o	'	''	o	'	''
1735.	Julio .....	25	80	00	00	10	26 43 $\frac{1}{2}$
		27	81	25	00		25 15
		29		53	52		26 22 $\frac{1}{2}$
	Agoſto .....	1	82	37	22		25 58
		2		52	52		26 11 $\frac{1}{2}$
		7	84	12	08		24 57
		9		48	00		26 43
		13	85	57	50		25 18 $\frac{1}{2}$
		19	87	51	55		37
	Septiembre ..	6	86	18	00		26 46
		9	85	12	30		24 35 $\frac{1}{2}$
		11	84	26	30		25 02
		15	82	53	20		26 07 $\frac{1}{2}$
		17		07	00		03
		24	79	22	34		55
		26	78	36	35		00
	Octubre ...	17	70	33	11		27 12
	Noviembre .	12	62	06	00		26 23

Aſi que llegaron à la Baia de *Cartagena* los Académicos Franceses , defembarcò *M. Godin* ſu Quarto de circulo de 22 pulgadas de radio , con el qual ſe hicieron las obſervaciones, que ſe ſiguen.

Ob-



Observaciones de Latitud , que hicimos en *Cartagena*,  
juntamente con los tres Acadèmicos Franceses, con  
el Quarto de circulo sobredicho.

	Limbo del Sol, ò Estrellas	Alturas Meridianas.			Latitud de <i>Cartagena</i> . N.		
		o	i	''	o	i	''
1735 Noviem. 18	$\alpha$ de la Nave Argos	27	02	20	10	26	40
	$\alpha$ de el Can mayor	63	12	10			52
	$\zeta$ de Geminis	71	46	40	24		55
	Limb. sup. del Sol.	60	35	00	25		27
19			20	35			$36\frac{1}{2}$ $\Sigma$
20	Limb. inf. del Sol.	59	34	05			$49\frac{1}{2}$
22			06	15	27		08
23		58	55	05	25		$47\frac{1}{2}$

Estas alturas están corregidas del error del anteojo.

Las letras griegas, que pongo en la coluna de los limbos del Sol, ò Estrellas, son, con las que marca las mismas Estrellas *Bayèr*; y las Declinaciones, que de éstas empleé en el calculo, para deducir la Latitud, son, las que expone en su Cathalogo *M. Flamsteed*, que es el mas bien recibido.

Las observaciones hechas con el Quarto de circulo se executaron en *Cartagena*, junto à la *Contaduría*; y las con el Annulo, junto al *Tejadillo*: esto es, 258 toefas mas al Norte; que hacen 16 segundos: y afsí para cotejar las unas con las otras, es necesario quitar à las del Annulo, ò añadir à las del Quarto de circulo 16 segundos.

Haviendo llegado à *Portobelo*, se hicieron por los mismos las observaciones, que se figuen.

Ob-

NOTA. Todas las observaciones, que tuviesen esta letra  $\Sigma$ , se hicieron con el Quarto de circulo de *M. Godin*, que tenía 22 pulgadas de radio: y todas, las que tuvieren la  $\Pi$ , se hicieron con el Quarto de circulo, que S. M. nos mandò remitir de *Paris*, que tenía 24 pulgadas de radio.



HECHAS DE ORDEN DE S. M. 31  
 Observaciones de Latitud hechas en *Portobelo*.

1735  
 Diciembre

	Limbo del Sol, ò Estrallas.	Alturas Meridianas.			Latitud de <i>Portobelo</i> . N.		
		o	'	"	o	'	"
5	Limb. sup. del Sol	58	17	20	9	34	33
6	$\gamma$ del Persèo	47	06	40		33	31
8	Limb. sup. del Sol	57	56	44	34	15	$\frac{1}{2}$
	$\gamma$ de la Casiopea	40	17	20		24	
	$\alpha$ del Persèo	50	40	00	33	26	
	$\delta$	52	38	30	32	39	$\frac{1}{2}$
	$c$		34	05		50	
9	$\alpha$ de Auriga	53	52	15	34	19	$\frac{1}{2}$
	Limb. inf. del Sol	57	17	40		42	
10	$\alpha$ de Tauro	83	36	00	32	57	$\frac{1}{2}$
11	$\epsilon$ de Auriga	54	41	$30\frac{1}{2}$	34	53	
12	Limb. inf. del Sol	57	02	$55\frac{1}{2}$		01	$\frac{1}{2}$
13		56	58	30		12	
16	Limb. sup. del Sol	57	21	15		10	
17			18	55		10	

$\Sigma$

De passo , ò transito de *Portobelo* à *Panamà* por el *Rio de Chagres* hicimos las observaciones , que se figuen.

En el Pueblo de *S. Francisco de Cruzes*.

1735  
 Diciembre

	Limbo del Sol, ò Estrallas.	Alturas Meridianas.			Latitud de <i>Cruzes</i> .		
		o	'	"	o	'	"
27	Limb. sup. del Sol	57	47	10	9	08	$11\frac{1}{2}$
	$\epsilon$ de Auriga	54	16	00		52	
	$\alpha$ de la Nave Argos	28	20	00		53	
	$\alpha$ del Can mayor	64	30	00	09	00	
28	Limb. inf. del Sol	57	17	50	07	43	

En



## En Panamá.

	Observadores.	Limbos del Sol, ò Estrellas.	Alturas Meridianas.			Latitud de Panamá.N.		
			o	i	"	o	i	"
1735								
Dic. 31	M. Godin, D. An- nio de Ulloa, y yo	$\alpha$ de Auriga	53	16	30	8	58	34
1736		$\epsilon$	54	04	50			12
Ener. 1		Limb. sup. del Sol	58	16	35	57	32	$\frac{1}{2}$
		$\alpha$ de Auriga	53	15	40			44
2		Limb. sup. del Sol	58	21	45			30 $\frac{1}{2}$
		$\epsilon$ de Auriga	54	04	35			57
		$\alpha$ de la Nave Arg.	28	29	55	58	54	
3		$\epsilon$ de Auriga	54	04	40			02
		$\alpha$ de la Nave Arg.	28	29	55			54
25	M. Godin	Limb. sup. del Sol	62	18	32	57	25	
27	M. Godin, y Ulloa	Limb. inf. del Sol		15	52			49
28	M. Godin, y yo			31	50			29
Feb. 12	M. Godin		67	02	05			12
13	M. Godin, y yo	Limb. sup. del Sol		54	50	58	00	$\frac{1}{2}$
16	M. Godin		68	56	10	57	07	

En el Puerto, ò Playa de Manta de la jurisdiccion  
de Guayaquil.

	Observadores.	Limbos del Sol, ò Estrellas.	Alturas Meridianas.			Latitud de Manta. S.		
			o	i	"	o	i	"
1736								
Mar 10	M. Godin, y yo	Limb. sup. del Sol	87	25	29	00	56	07
11	M. Godin, D. An- nio de Ulloa, y yo	$\alpha$ de Geminis	56	37	34			28

En



En la Ciudad vieja de *Guayaquil*.

	Observadores.	Limbo del Sol, ò Estrellas.	Alturas Meridianas.			Latitud de <i>Guayaquil</i> . S.		
			o	1	11	o	1	11
1736								
Mar. 28	<i>M. Godin, D. Antonio de Ulloa, y yo</i>	Limb. inf. del Sol	84	14	59	02	11	05
30			83	28	54			45
Abril 1			82	41	49			27
2		$\gamma$ de la Osa may.	32	40	04			00
3		$\theta$	34	57	$56\frac{1}{2}$			44
		$\phi$	32	33	14			23
		$\alpha$	24	40	24			05
		$\gamma$	32	40	19			45
		$\delta$	29	19	54			43
		$\epsilon$	30	26	09			03
		$\zeta$	31	30	44			05
7		Limb. inf. del Sol	80	25	26			18
8				03	12			07
9		$\iota$ de la Osa may.	38	46	19	10		48
		$\beta$	30	02	59			23
		$\psi$	41	54	04	11		16
		$\delta$ de Leo	65	50	46			49
		$\theta$	70	56	19	12		13
		$\gamma$ de la Osa may.	32	40	26	10		38
		$\epsilon$	30	25	59	10		$16\frac{1}{2}$
		$\zeta$	31	31	45			01
10		Limb. sup. del Sol	79	50	59	11		10
11		Limb. inf. del Sol	78	56	34			$24\frac{1}{2}$
17	por mí		76	47	24			54
18				27	04			27
25	<i>M. Godin, D. Ant. Ulloa, y yo</i>	Limb. sup. del Sol	74	36	34			$24\frac{1}{2}$
28	<i>D. An. Ulloa, y yo</i>	Limb. inf. del Sol	73	09	09			$39\frac{1}{2}$

E

En



## En el Caracòl, Pueblo en el Rio de Guayaquil.

1736 May 12	Observadores.	Limbos del Sol, ò Estrellas	Alturas Meridianas.			Latitud del Caracòl. S.			
			o	i	''	o	i	''	
	<i>M. Godin, D. Antonio de Ulloa, y yo</i>	$\beta$ de la Ossa may.	30	34	59	01	38	18	
		$\alpha$	25	12	24			07	
		$\gamma$ del Crucero	34	24	44		39	16	
		$\zeta$	30	02	44		37	51	$\Sigma$
		$\epsilon$	36	02	21			33	
		$\xi$	33	27	04		38	33	
		Limb. inf. del Sol	69	30	39		39	21	
		$\beta$ de la Ossa may.	30	34	39		38	38	
		$\alpha$	25	12	46		37	45	
		$\gamma$	33	12	04		39	03	

En Guaranda, Pueblo del Corregimiento de Chimbo  
en el Reyno de Quito.

1736 May. 20	Observadores.	Limbos del Sol, ò Estrellas.	Alturas Meridianas.			Latitud de Guaranda. S.			
			o	i	''	o	i	''	
	<i>M. Godin, D. Antonio de Ulloa, y yo</i>	$\alpha$ de la Nave Arg.	39	03	14	01	34	45	
		$\epsilon$ del Crucero	35	59	21 $\frac{1}{2}$			33 $\frac{1}{2}$	$\Sigma$
		$\xi$	32	22	33 $\frac{1}{2}$			02 $\frac{1}{2}$	
		$\zeta$ de la Ossa may.		07	14			37	
		$\eta$	37	47	09			40	

En Hambato, Asiento del Corregimiento de Riobamba  
en el mismo Reyno.

1736 May. 25	Observadores.	Limbos del Sol ò Estrellas.	Alturas Meridianas.			Latitud de Hambato. S.			
			o	i	''	o	i	''	
	<i>M. Godin, D. Antonio de Ulloa, y yo</i>	Limb. sup. del Sol	67	56	34	01	13	55	$\Sigma$

En



En *Latacunga*, capital de su Correg. en el mismo Reyno.

	Observadores.	Limbo del Sol, ò Estrellas	Alturas Meridianas.			Latitud de <i>Latacunga</i> . S.		
			o	i	''	o	i	''
1736								
May 26	M. Godin, D. Antonio de Ulloa, y yo	ε de la Ofia mayor	31	42	09	00	54	03
		ζ	32	46	49		55	00

En *Quito*, capital del Reyno del mismo nombre.

	Observadores.	Limbo del Sol, ò Estrellas.	Alturas Meridianas.			Latitud de <i>Quito</i> . S.		
			o	i	''	o	i	''
1736								
May. 30	M. Godin, D. Antonio de Ulloa, y yo	ε de la Ofia may.	32	23	25	00	12	46
		ζ	33	28	37 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		13	11
		η	39	08	45			00
Jun. 1		Limb. inf. del Sol	67	20	40			35
3	M. Godin	Limb. sup. del Sol		37	05			41
8	D. Antonio de Ulloa, y yo	Limb. inf. del Sol	66	34	39			48
12		Limb. sup. del Sol		47	58			46 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
15	M. Godin, y D. Antonio Ulloa			40	05			55
22	M. Godin, D. Antonio Ulloa, y yo			34	07 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>			56
23		Limb. inf. del Sol		03	37			51
26	D. Antonio de Ulloa	Limb. sup. del Sol		40	00			45 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
Julio 4			67	11	30			15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
18	M. Godin.	Limb. inf. del Sol	68	34	00			51
27	por mí		70	24	50			55
28				39	00			41
Ag. 11			74	25	10			25
1737								
Ener. 8	D. Antonio Ulloa, y yo	Limb. inf. del Sol	67	46	45			37
13				33	55			29
14		Limb. sup. del Sol	69	16	50			04
17		Limb. inf. del Sol		19	00			18
18		Limb. sup. del Sol	70	03	30			12 53

E 2

En



En *Cayambe*, Pueblo del corregimiento de *Otañalo*  
en el Reyno de *Quito*.

1736 Sep. 23	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de Cayambe. N.	Σ
	_____	_____	o   /   "	o   /   "	
	M. Godin, y D. Antonio de Ulloa.	Inferior.	89 21 19½	00 01 35.	

En *Oyambáro*, extremo Meridional de la Base medida en  
el llano de *Yaruquí*, que sirvió de fundamental  
para la medida de la Meridiana.

1736 Novi. 8 9	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.			Latitud de Oyambáro. S.			Σ
			o	′	″	o	′	″	
	M. Godin, y yo	Inferior.	73	05	27½	00	11	07	
	M. Godin		72	49	02½			51	

En *Carabúru*, extremo septentrional de la misma Base.

1736 Nov 24	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de Caraburu. S.	Σ
			o'    '    "	o'    '    "	
	M. M. Godin, Bouguer, la Condam. D. Ant. de Ulloa, y yo	Inferior.	69 05 29	00 06 13½	

En *Riobamba*, capital de su Corregimiento en el Reyno  
de *Quito*.

1738 Oct. 27 31 Nov 14 16	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.			Latitud de Riobamba.		
			o	′	″	o	′	″
	M. Godin, y yo	Superior.	79	04	31 $\frac{1}{2}$	01	42	12
			77	45	01 $\frac{1}{2}$			10
	M. M. Bouguer, la Condamin, y D. Ant. de Ulloa	Inferior.	73	05	20	41	44	
			72	34	20		01	

En



En *Los Azogues*, Pueblo del Corregimiento de Cuenca  
en el Reyno de *Quito*.

Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Los Azogues</i> . S.	Σ
<i>M. Godin</i> , y yo	Inferior.	63 37 45	02 44 05	

En *Cuenca*, capital de su Corregimiento en el Reyno  
de *Quito*.

	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Cuenca</i> . S.	Σ
1739			o / "	o / "	
Sep. 24	<i>M. Godin</i> , y yo	Inferior.	87 17 15	02 54 22	
25		Superior.	88 13 49½	53 15	

En *Tumbez*, Pueblo del Corregimiento de *Piura*.

	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Tumbez</i> . S.	Π
1740			o " "	o / "	
Nov. 9	<i>D. An. Ulloa</i> , y yo	Superior.	76 42 25	03 33 16½	

En *Amotape*, Pueblo del mismo Corregimiento.

	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Amotape</i> . S.	Π
1740			o / "	o / "	
Nov 16	<i>D. An. Ulloa</i> , y yo	Inferior.	75 37 16	04 51 50	

En *Piura*, capital de su Corregimiento.

	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Piura</i> . S.	Π
1740			o / "	o / "	
Nov 17	<i>D. An. Ulloa</i> , y yo	Inferior.	75 42 05	05 11 14	
18			27 35	10 57	
19			13 50	11 06	
21		Superior.	19 50	17	

En



En *Sechura*, Pueblo del mismo Corregimiento.

	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas	Latitud de	
			Meridianas.	<i>Sechura</i> . S.	
1740			o / //	o / //	
Nov. 22	D. An. Ulloa, y yo	Superior.	75 28 32	05 32 43	II
23		Inferior.	74 43 32	39	

En *Lambayèque*, Pueblo del Corregimiento de *Saña*.

	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas	Latitud de	
			Meridianas.	<i>Lambayèque</i> . S.	
1740			o / //	o / //	
Nov. 27	D. An. Ulloa, y yo	Inferior.	75 06 48 $\frac{1}{2}$	06 41 42	II
29			74 56 26 $\frac{1}{2}$	48	

En *San Pedro*, Pueblo del mismo Corregimiento.

	Observadores.	Limbo del Sol, o Estrallas.	Alturas	Latitud de	
			Meridianas.	<i>San Pedro</i> . S.	
1740			o / //	o / //	
Nov. 29	D. An. Ulloa, y yo	$\alpha$ del R. Eridano	38 53 31	07 26 33	II
30		Limb. inf. del Sol	75 20 44	25 45	

En *Chocope*, Pueblo del Corregimiento de *Truxillo*.

	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas	Latitud de	
			Meridianas.	<i>Chocope</i> . S.	
1740			o / //	o / //	
Dic. 1	D. An. Ulloa, y yo	Inferior.	75 32 32	07 46 47	II

En *Truxillo*, capital de su Corregimiento.

	Observadores.	Limbo del Sol.	Alturas	Latitud de	
			Meridianas.	<i>Truxillo</i> . S.	
1740			o / //	o / //	
Dic. 2	D. An. Ulloa, y yo	Inferior.	75 43 04	08 06 05	II
3			34 54	15	
4			26 49	11	

En



En *Birù*, Pueblo del mismo Corregimiento.

Observadores.		Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Birù</i> . S.	II
			o' " "	o' " "	
1540 Dic. 5	<i>D. An. Ulloa</i> , y yo	Inferior.	75 38 18 $\frac{1}{2}$	08 25 04	II

En *Santa*, capital de su Corregimiento.

Observadores.		Limbo del Sol, ò Estrellas.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Santa</i> . S.	II
			o' " "	o' " "	
1740 Dic. 7	<i>D. An. Ulloa</i> , y yo	$\gamma$ de la <i>Cassiopea</i>	21 45 58 $\frac{1}{2}$	08 56 01	II
		$\delta$	22 11 40 $\frac{1}{2}$	19	
		$\alpha$ del R. <i>Eridano</i>	40 25 53 $\frac{1}{2}$	58 51	

En *Guarmèy*, Pueblo del mismo Corregimiento.

Observadores.		Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Guarmèy</i> . S.	II
			o' " "	o' " "	
1740 Dic. 11	<i>D. An. Ulloa</i> , y yo	Inferior.	76 41 47	10 04 04	II
12			37 19	03 56	

En *Guàra*, Villa del Corregimiento de *Chancay*.

Observadores.		Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Guàra</i> . S.	II
			o' " "	o' " "	
1740 Dic. 16	<i>D. An. Ulloa</i> , y yo	Inferior.	77 24 25	11 03 42	II

En *Chancay*, capital de su Corregimiento.

Observadores.		Limbo del Sol.	Alturas Meridianas.	Latitud de <i>Chancay</i> . S.	II
			o' " "	o' " "	
1740 Dic. 17	<i>D. An. Ulloa</i> , y yo	Inferior.	77 52 35	11 52 53	II

En



En *Lima*, cap. de los Reynos del *Perù*, junto à *S. Domingo*.

	Observadores.	Limbos del Sol.	Alturas Meridianas.			Latitud de <i>Lima</i> . S.		
			o	i	''	o	i	''
1741								
Ener. 5	<i>D. An. Ulloa</i> , y yo	Inferior.	79	12	30	12	02	24
7				27	59			50
9				44	30			33
10				53	30			40
11			80	02	50			21
12				13	00			37
16				56	23			29
17			81	08	40			39
18				21	15			55
19				33	42			40
20				46	55			22

El año de 1737, estando con *M. de la Condamine* en la misma Ciudad de *Lima*, hicimos juntos varias observaciones de Latitud, con un Quarto de circulo, que tenía, de 11 pulgadas de radio, y con otro semejante, que fue del *P. Feuillée*; las quales, por la pequenez de los Instrumentos, discurro no son de la seguridad, que las sobredichas: que por su conformidad, establecen la Latitud de *Lima* con bastante exactitud.

En nuestro regreso à *Quito*, tocamos en el Puerto de *Paita*; en donde (haviendo *M. de la Condamine* pasado à *Piura*, y dexadome el Instrumento) hice las observaciones, que se figuen.

		Limbos del Sol.	Alturas Meridianas.			Latitud de <i>Paita</i> . S.		
			o	i	''	o	i	''
1737 Mayo	27	Inferior.	63	15	58	05	04	52
	31	Superior.		10	46			41

En



En *Valparaíso*, Puerto del Reyno de *Chile*, de regreso à España, observé, las que se siguen en la *Quebrada de San Agustín*.

	Limbos del Sol.	Alturas Meridianas. <i>a</i>			Latitud de <i>Valparaíso</i> . S.		
		°	'	"	°	'	"
1744 Noviem. 26	Superior.	78	21	51 $\frac{1}{2}$	33	02	34
28		43	07 $\frac{1}{2}$				35 $\frac{1}{2}$
Diciembre 2	Inferior.	48	27 $\frac{1}{2}$		20		
6		79	18	47 $\frac{1}{2}$	46		
12		51	47 $\frac{1}{2}$		46		

En *Talcaguano*, Puerto en la Baía de la Concepcion de *Chile*.

	Observadores.	Limbos del Sol.	Alturas Meridianas. <i>a</i>			Latitud de <i>Talcaguano</i> . S.		
			°	'	"	°	'	"
1745								
En. 15	D. An. Ulloa, y yo	Inferior.	74	01	55	36	43	15

El año 1736, habiendo llegado toda la Compañía al Puerto, ò Rada de *Manta*, y quedados en ella *M.M. Bouguer*, y la *Condamine*, para proseguir el Viage por otro Camino, y hacer algunas observaciones astronómicas, le continuámos todo el resto de la Compañía. *M. Bouguer* habiendo llegado à *Quito* por el mismo Camino, que nosotros tomamos, y *M. de la Condamine* por el *Rio de las Esmeraldas*, nos comunicaron las Latitudes siguientes, que observaron en su Viage.

En

*a* En el calculo de estas observaciones empleè la refraccion, que trae el *Conocimiento de los tiempos*, por estàr los Lugares, donde se hicieron, fuera de los Trópicos, para donde no sirve la refraccion de *M. Bouguer*, que empleè en las otras observaciones.



En la punta del Norte del Cabo passado en el puesto de la Cen- tinela	Observadores.	Latitudes. S.		
		o	'	"
	M.M. Bouguer, y la Condamine	00	21	17
				30
	M. Bouguer			01
Un minuto mas al Sur de la bo- ca del Rio Jama	M.M. Bouguer, y la Condamine	00	09	18
				13
				46
			10	00
			09	45
A 455 toefas al Sur 22° Oeste de la punta Palmar	M.de la Condam.	00	00	26
				11
En la boca del Rio S. Francisco al Sur del Cabo		Latitudes. N.		
		o	'	"
En otra boca del Rio S. Francisco media legua mas al Este, y un minuto mas al Sur del Cabo	M.de la Condam.	00	39	01
	M.de la Condam.	00	38	00
			39	27
En Atacames		00	52	30
Esmeraldas		00	57	07
Salinches		00	10	45
Nono		00	01	00
La Canoa	M. Boguer	00	26	25

Lim-



En el *Guarico*, ò *Cabo Francès* en la *Isla de Santo Domingo*,  
de regreſſo à *Eſpaña*, obſervé las que ſe figuen,  
cerca del Colegio de los *Jefuitas*.

	Limboſ del Sol.		Alturas Meridianas.			Latitud del <i>Guarico</i> . N.		
			o	'	"	o	'	"
1745 Agoſto	I I	Inferior.	85	07	35	19	45	50
	I 4		84	12	55			48
	I 8		82	56	15			45 $\frac{1}{2}$
	20			16	55			44 $\frac{1}{2}$
	22		81	36	30			54
	28		79	31	14			50
	29			10	20			48
	30		78	48	45			48

## CAPITULO II.

*Que contiene las Obſervaciones hechas con mayores, y mas  
exactos Instrumentos.*

Aunque las obſervaciones hechas con el Quarto de circulo ſean de baſtante exactitud, pues no difiere ninguna de las hechas por el Sol un ſolo minuto; ſin embargo, las mas juſtas, que conſeguimos, fueron las que hicimos en *Cuenca* por medio del grande Instrumento de 20 pies de radio, cuya conſtruccion, y uſo doy en el Libro, que trata de la medida del grado terreſtre. Eſtas las hicimos 115 toeſas mas al Sur de la Torre de la Igleſia mayor, al tiempo, que eſtabamos obſervando *D. Antonio de Ulloa*, y Yo, en compañia de *M. Godin* las Eſtrellas  $\epsilon$  de *Orion*,  $\theta$  de *Antinous*, y  $\alpha$  de *Aquario*, para la determi-



nacion de la amplitud del arco celeste , que comprehendia la Meridiana.

El dia 25 de Noviembre de 1740 entrò en el anteojo del dicho Instrumento el limbo Meridional del Sol , y le observamos distar ( en partes del Micrometro ) del centro del anteojo

1068

El medio entre todas las observaciones de  $\epsilon$  de Oriòn , que passaba por el mismo lado , dà la distancia de esta Estrella del centro del anteojo

1374

luego distancia de  $\epsilon$  al limbo Meridional del Sol en partes del Micrometro

306 = 00 01 24 00 $\frac{2}{3}$ 

Segun todas las observaciones de  $\epsilon$  distaba esta Estrella del Zenith

01 30 38 00 $\frac{2}{3}$ 

luego distancia del limbo Meridional del Sol al Zenith

01 29 14

Refraccion aditiva

00 $\frac{3}{4}$ 

Semidiametro del Sol ad.

16 00 $\frac{1}{2}$ 

Distancia del centro del Sol al Zenith

01 45 15 $\frac{1}{4}$ 

Declinacion del Sol

01 08 54 $\frac{3}{4}$ 

Latitud de *Cuenta* Sur

2 54 10

El dia 27 del mismo mes entrò el limbo Septentrional por el otro lado del anteojo , en el qual observabamos  $\alpha$  de Aquario ; y le hallamos distar del centro , ò de la cruz de los hilos , en partes del Micrometro

2209

El medio entre todas las ob-

fer-



fervaciones de  $\alpha$ , hechas por el mismo lado dan la distancia de esta Estrella al propio centro

962

luego distancia de  $\alpha$  al limbo Septentrional del Sol

$$1247 = 00^{\circ} 05' 42'' 22'''$$

Segun todas las observaciones de  $\alpha$ , distaba esta Estrella del Zenith

01 19 58 43 $\frac{1}{2}$ 

luego distancia del limbo Septentrional del Sol al Zenith

01 14 16 21 $\frac{1}{2}$ 

Refraccion aditiva

38 $\frac{1}{2}$ 

01 14 17

Semidiam. del Sol sublt.

16 01 $\frac{1}{4}$ 

Distancia del centro del Sol al Zenith

00 58 15 $\frac{3}{4}$ 

Declinacion del Sol

01 55 51 $\frac{1}{2}$ 

Latitud de *Cuenca* Sur

02 54 07 $\frac{1}{4}$ 

que no se diferencia de la otra mas que en

02 $\frac{3}{4}$ 

El medio entre las observaciones de  $\epsilon$  de Orión,  $\theta$  de Antinous, y  $\alpha$  de Aquario, dan la diferencia en Latitud entre los Observatorios de *Cuenca*, y *Pueblo viejo*, como se verá en el Libro sobre la medida del grado terrestre

03° 26' 53''

luego Latitud de *Pueblo viejo* Norte

00 32 45

En el Libro antecedente se determinò la distancia Meridiana del Trópico de Capricornio al Zenith de *Quito* de

23° 15' 09 $\frac{1}{4}$ ''

y la maxima Obliquidad de la Eclip. de luego Latitud de *Quito* Sur, junto à la

23 28 20 $\frac{5}{8}$ 

*Parroquia de Santa Barbara*

00 13 11 $\frac{3}{8}$ 

CA-



## CAPITULO III.

*Descripcion del Quarto de circulo.*

a Lamina 2

COMO la justificacion de las observaciones depende de la bondad, y exacto manejo de los Instrumentos, con que se hacen, de cuya practica se carece mucho; me parece necesario añadir aqui una breve descripcion del Quarto de circulo, por ser el Instrumento mas preciso para la practica de la Astronomía. La figura 1<sup>a</sup> le representa ya totalmente armado sobre su pié, y en estado de observar angulos verticales, ò alturas de Astros: la armazon ABCDE, que es la quarta parte de un circulo, y se compone de planchas de hierro, se fortifica por detrás con otras FG iguales, puestas de canto, para que no permitan, que se doblen las primeras, y quede con ello el Instrumento siempre en un mismo estado. El Cilindro concavo HI encierra otro, que està hecho firme perpendicularmente à la armazon, sobre el qual rueda toda èsta; cuyo movimiento sirve, para ponerla, ò dirigirla à la altura, que se necesitare: pero siempre, que no huviere necesidad de este movimiento, se evita, con apretar el tornillo J, que traspasa el Cilindro concavo HI. Unido à èste hay tambien otro, afirmado perpendicularmente en K, que entra dentro de lo concavo del arbol KL, en donde rueda libremente, y dà con ello movimiento horizontal al Instrumento; que tambien se evita, quando es necesario, con el tornillo P. Todo el arbol se afirma sobre los quatro pies M; à quienes se añaden las varillas N, para mayor firmeza: y aquellos se mantienen por los quatro tornillos O, que sirven para afirmar los pies en qualquier



quier terreno, yà sea horizontal, ò inclinado, y hacer, que se mantenga la armazon ABCDE verticalmente: à cuya operacion llaman los Frances *Callier*.

En el centro del Instrumento Q hay una aguja delicada, que se mantiene perpendicularmente, por una pieza curva de laton; y pende de aquella la bala de plomo R, mantenida por el cabello QR, que señala en la division del limbo del Instrumento BCD la altura observada. Este perpendiculo QR se cubre con una caja de igual longitud, que rueda, y se mantiene sobre el centro, para que el Viento no conmueva el cabello; la qual se hà omitido en la figura para que no impidiese la vista del perpendiculo.

En lugar de Pinulas visuales, que dirijan el Instrumento al objeto, que se quiere observar, se aplica el anteojo ST de dos lentes, que es de mucha mas exactitud; pues no solo se perciben con el mejor los objetos, sino que tambien se dirige mas justamente por medio de dos sutiles hilos de seda, que se hallan cruzados en el foco del objetivo; cuya interseccion se pone exactamente sobre el objeto. Estos hilos se hacen firmes en cañon separado del principal del anteojo, para que con esso se puedan acercar mas, ò menos del objetivo, y ponerlos exactamente en su foco: lo qual es necesario, para evitar una especie de paralaxe, que se seguiría sin esta diligencia.

Sobre la plancha BCD de hierro se clava otra de laton muy limpia, y plana, en la qual se hacen las divisiones de los grados, y minutos, con las ordinarias transversales. Sobre la construccion de estas será bueno notar un yerro, que siempre han cometido nuestros Escritores de Navegacion: y es, que enseñan, que los once circulos concentricos, han



han de distar igualmente unos de otros; en lugar de ponerlos à desiguales distancias, y en la proporcion que se requiere, para que los corte la transversal, dexando de uno, y otro lado los minutos, que se necesitan. Pondremos el calculo para la inteligencia de los que no fueren muy versados.

*a* Fig. 1

Sea  $AD^a$  una de las transversales del Instrumento;  $AC$ ,  $BD$  las continuaciones de los radios, comprehendidas entre el circulo interno  $AB$ , y el externo  $CD$ ;  $EF$  uno de los circulos concentricos, que se quiere describir, y saber lo que debe distar de qualquiera de los dos  $AB$ ,  $CD$ : y sean ademàs de esto

$$AC = BD = a$$

$$CD = b$$

$$AB = c$$

$$AF = x$$

$$\frac{EG}{GF} = \frac{m}{n}$$

$$EG = z$$

$$GF = \frac{n}{m} z$$

y tendremos en los triangulos semejantes  $ACD$ ,  $AEG$ , *b*  $a$ :

$b = x : z$ ; y en los  $DBA$ ,  $DFG$ ,  $a$ :  $c = a - x : \frac{n}{m} z$ ; de donde

se figuen estas dos igualaciones  $bx = az$ , y  $ca - cx =$

$\frac{n}{m} az$ : luego  $nbx = mca - mcx$ ; que dà esta proporcion

$a - x : x = nb : mc$ ; esto es, la distancia  $CE$  ha de ser à la  $EA$ ,

*b*. La similitud de estos triangulos, igualmente que la de los otros dos, no es en rigor geometrico; pero por la correccion de los arcos  $AB$ ,  $CD$ , que se pueden tomar por lineas rectas, y paralelas à  $EF$ , el yerro, que puede producirse, no es sensible.



EA, como CD multiplicado por GF, à AB multiplicado por EG. Hagamos esto visible por un exemplo. Spongamos, que se quiera describir el circulo concentrico de enmedio de todos once, ò lo que es lo mismo, el circulo concentrico que dexe EG igual à GF: en este caso tendremos  $m = n$ , y la proporcion se reducirà à  $a - x : x = b : c$ ; esto es, CE à EA, como CD à AB: pero CD es mayor que AB; luego tambien CE debe ser mayor que EA; contra lo que enseñan nuestros Escritores de Navegacion, que dàn estas dos distancias iguales. <sup>a</sup> Adviértase, que quanto mayor fuere el limbo del Instrumento respecto de su radio, mayor será el yerro, que se cometerà, porque será entonces mayor la razon de CD à AB.

Estando el centro  $Q^b$  exactamente en un mismo plano <sup>b</sup> Fig. 1 con el limbo BCD, ofrece el methodo de poner el Instrumento vertical, para observar alturas, por medio de los tornillos O; con los quales se puede hacer, que aquél se incline àcia adelante, ò atrás lo que se necesitare: que será para que quede vertical, quanto el hilo aplomo QR rase el limbo BCD. Esta operacion se debe hacer en la práctica, quando se està apuntado el antejo al objeto, que se quiere observar, de tal suerte, que à un mismo tiempo haya de estàr la interseccion de los hilos de seda, que estàn dentro del antejo, sobre el objeto, y el perpendicularo haya de rasar el limbo; con lo qual dará èste la verdadera altura sobre las divisiones: en quienes se ven muy distintamente por medio de un Microscopio de un vidrio hasta cinco segundos.

Sin embargo, se ofrece de ordinario una corta correccion, que hacer, procedida de no poder poner exactamen-

G

te

<sup>a</sup>. El unico de nuestros Escritores, que ha hecho algun acierto sobre este assumpto, de los que tengo presentes, es *Andrés Garcia de Cespedes*, en su *Regimiento de Navegacion*, que escribió de Orden del Rey en 1606; pues en el Cap. 30 describe cinco Circulos concentricos: de suerte, que vienen à quedar en la forma, que se enseñò arriba; bien es verdad, que su construccion es algo difícil en la práctica, y que despues cae en el mismo yerro, que los demás.



te la visual del anteojo ST paralela à la linea , que saliendo del centro , passa por el grado 90 de altura , que se llama error del anteojo ; error semejante al que se explicò en el Libro antecedente pag. 5. Este se inquiere de esta suerte: se observa la altura , ò depresion de qualquier objeto terrestre ; el mas distante del Observador , y cercano à el Horizonte , que se pudiere hallar : y despues trastornando el Quarto de circulo QBCD sobre el exe HI , se dirige segunda vez el anteojo al mismo objeto , y se pone pendiente el perpendicular QR del limbo del Instrumento , de suerte , que passe por el centro : la mitad de la diferencia de la altura , ò depresion , que de esta ultima operacion se hallare , à la primera , serà el error del anteojo : pero si en lugar de altura , ò depresion en este ultimo caso , se hallaren contrapuestas la depresion , y altura , la mitad de la suma de las dos observaciones serà el error.

<sup>a</sup> Fig. 3

Si se quisiere ver la razon de todo esto; sea A<sup>a</sup> el centro del Instrumento ; O el principio de la division ; E el grado 90 en la misma ; DA el anteojo dirigido al objeto , à quien es perpendicular AC ; y AB el perpendicular : el angulo OAB serà el que el Instrumento diò de altura ; en lugar , que el verdadero es CAB : luego se anotò la altura del objeto en la primera operacion mayor del angulo OAC , ò DAE ; y menor de la misma cantidad en la segunda : y así la mitad de la diferencia de las dos serà el Angulo DAE , que es el error deseado : el qual para que fuese nulo , ò igual à cero , havìa de estàr el anteojo colocado sobre la linea EA , ò paralela à ella.

Otras varias atenciones , y reparos muy precisos pudiera añadir , tocantes à este Instrumento ; pero discurro , que lo dicho es suficiente , para que se forme idèa de èl , que es lo que permite este Libro ; pues para describirle mas



mas ampliamente, se necesitaría un tratado separado. Solo si se puede añadir alguna explicacion de las piezas, que se le quitan, y otras, que se le añaden, para que sirva de la mas exacta Plancheta, como se vè en la figura 4.

En èsta, ademàs del Cilindro concavo HI, se vè, que se le ha añadido el EF, que no solo tiene dentro del primero una rama, que se halla segun HI, pero en su concavidad EF encierra el exe del Instrumento, que queda por este medio horizontal, y con tres movimientos; uno vertical, que dà el exe, que està dentro de HI, y dos horizontales, que dàn, los que està dentro de KL, y EF.

El hilo aplomo, de que se hablò en el uso antecedente, y su centro, se quitan en èste; y en su lugar, se pone otro centro, sobre el qual rueda la *Halidada* VX, montada de otro anteojo GZ, semejante al ST. Esta corre por encima del limbo del Instrumento, llevando consigo un hilo delicado de plata NO, muy tendido, que señala sobre la division el angulo observado.

El uso discurro, que se verà facilmente en la figura, pues se reduce à dirigir los dos anteojos, esto es, la interseccion de los hilos de seda, que se hallan dentro de ellos, à los objetos, que comprehenden el angulo; teniendo cuydado de poner el punto, donde se cruzan los anteojos M, sobre aquel, de donde se quiere observar el angulo.

Es necesario advertir por ultimo, que el hilo de plata NO se ha de poner, antes que se empiecen las observaciones sobre el radio del Instrumento, esto es, se ha de situar de tal fuerte, que prolongado passe por el centro Q: para cuya operacion, està montado sobre una pieza separada de la *Halidada*, que por medio de tornillos, se hace mover à la derecha, ò à la izquierda.

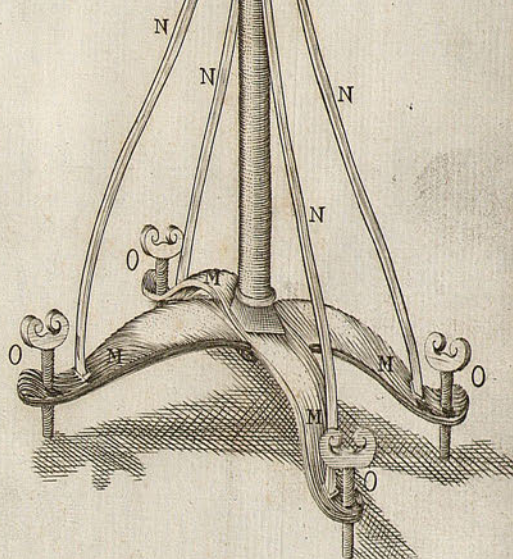
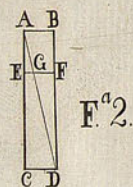
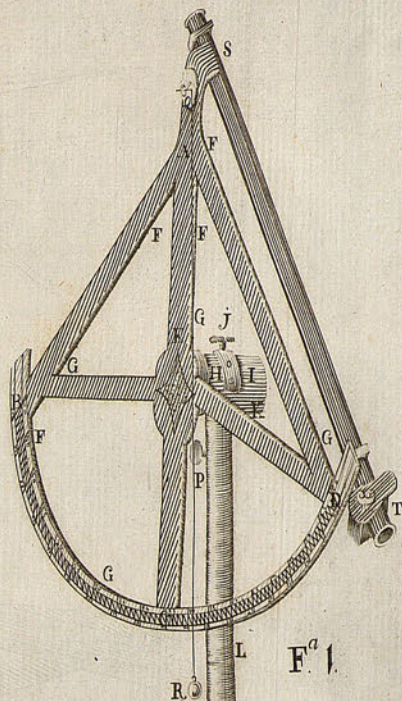
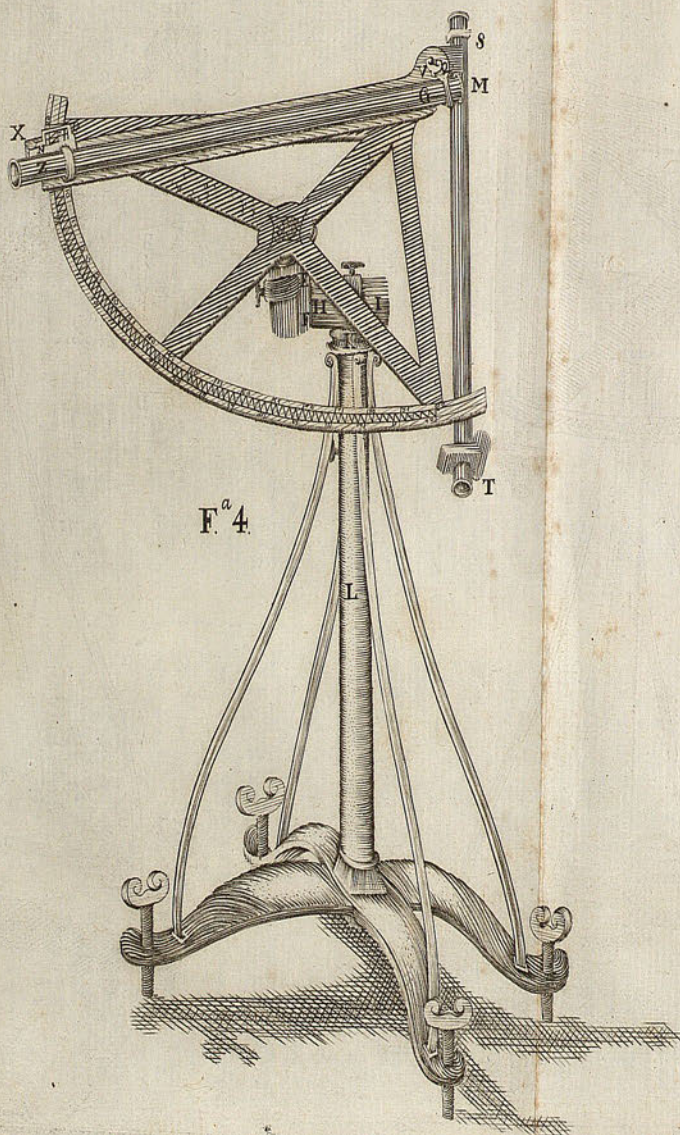
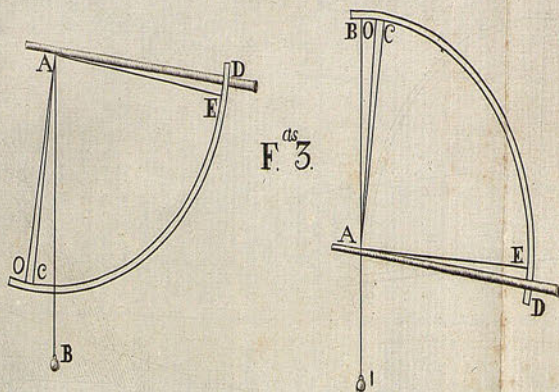


## CAPITULO IV.

*Explicacion , y uso de la Tabla de Declinaciones.*

**L**A Tabla de Declinaciones , que se sigue , es nuevamente construida , y dispuesta con nuevo methodo , dexando arbitraria la maxima Declinacion del Sol , para que , el que se sirviere de ella , se valga de la que mas bien le quadrare : por consiguiente , parece necessario , que siendo distinta de todas las dadas hasta el dia de hoy , nos detengamos en dár de ella de antemano alguna breve explicacion para su mas perfecta inteligencia. La primera , y quinta columna contienen los grados , y minutos de los Signos de la Ecliptica , que se ven en la cabeza , y pies de la segunda ; encerrando esta la Declinacion del Sol , en grados , minutos , segundos , y terceros , correspondiente à dichos grados , y minutos de la Ecliptica : y como no se halla mas , que para cada 15 minutos , la columna tercera contiene en segundos , terceros , y quartos la Declinacion , que corresponde à un minuto de mas , ò menos Longitud del Sol en la Ecliptica ; la qual hace , que la tabla equivalga , à si estuviera calculada minuto por minuto. La Declinacion està suputada para la maxima Obliquidad de la Ecliptica  $23^{\circ} 28' 00''$  ; pero la columna quarta contiene una equacion para cada 10 segundos de mas , ò menos Obliquidad : con la qual se puede obtener la Declinacion del Sol , en la suposicion de qualquier Obliquidad ( proxima à la duda ) que se le quisiere asignar à la Ecliptica. Pondré un exemplo para mayor , ò mas clara explicacion ; y buscaremos la Declinacion del Sol , que doy en el primer cal-











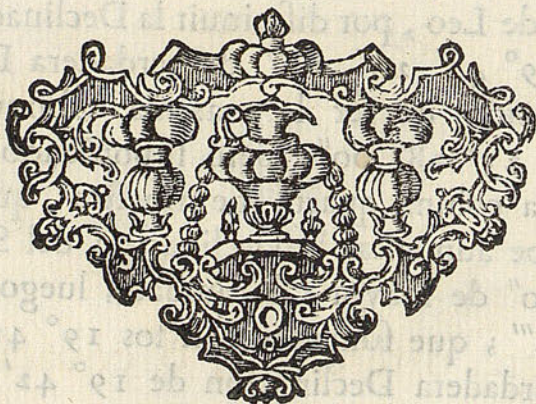
calculo , para hallar la Latitud de *Cartagena* el dia 25 de Julio de 1735, de  $90^{\circ} 42' 36''$ .

El lugar del Sol en la Ecliptica para este tiempo, esto es, à medio dia en *Cartagena*, ò para las 5 horas 10 minutos de la tarde en *París* (por ser esta la diferencia de Meridianos entre estas dos Ciudades) es segun las Tablas de *M. de la Hire*  $2^{\circ} 08' 26''$  de Leo: buscando pues en la quinta columna  $2^{\circ}$  de Leo, hallo, que le corresponden en la segunda  $19^{\circ} 44' 13'' 52'''$  de Declinacion. Ademàs de esto, la Declinacion para cada minuto de mas Longitud del Sol, muestra la columna tercera ser de  $13'' 29''' 40''''$ ; luego para 8 minutos ferà de  $1' 47'' 55''' 20''''$ , y para  $8' 26''$  de  $1' 53'' 46''' 11''''$ ; los cuales substraídos de los  $19^{\circ} 44' 13'' 52'''$  de Declinacion correspondiente à los  $2^{\circ}$  solos de Leo, por disminuir la Declinacion del Sol, quedaràn  $19^{\circ} 42' 20'' 06'''$  de verdadera Declinacion, en la suposicion de ser la maxima Obliquidad de la Ecliptica de  $23^{\circ} 28' 00''$ : pero suponiendola yo de  $23^{\circ} 28' 20''$ , la columna quarta me muestra, que en  $2^{\circ}$  de Leo, se debe aumentar la Declinacion del Sol  $8'' 16'''$ , por cada  $10''$  de mayor Obliquidad; luego por  $20''$  feràn  $16'' 32'''$ ; que sumados con los  $19^{\circ} 42' 20'' 06'''$ , daràn la verdadera Declinacion de  $19^{\circ} 42' 36'' 38'''$ , ò de  $19^{\circ} 42' 36''$ , que conviene con la que se diò en el calculo.

La columna tercera se ha construido baxo la suposicion, que son iguales las mutaciones en Declinacion, que el Sol tiene, corriendo cada minuto de la Ecliptica, de los  $15'$ , que comprende la columna segunda. Esta suposicion solo es verdadera en rigor geometrico, quando el Sol està en los puntos Equinocciales; pero saliendo de ellos



ellos, và mudando dicha ley, hasta que hallandose cerca de los Solsticios, sigue la que diximos en el Libro antecedente pagina 13. De esto se sigue, que las cantidades de la coluna tercera solo seràn exactas al principio de toda la Tabla, fuera del qual iràn cayendo en defecto, hasta que al fin de ella, lleguen à tener el mayor de todos: pero es èste tal, que no llega à 2 terceros; cantidad despreciable, y que no merece, que se ponga este aviso, mas que para evitar el recelo, que pudiera sobrevenirle, al que fuese escrupuloso en los calculos.





# NUEVA TABLA DE LAS DECLINACIONES DEL SOL,

para cada 15 minutos de la Ecliptica,  
en grados, minutos, segundos,  
y terceros

supuesta la maxima Obliquidad , ò Declinacion  
de

$23^{\circ} \ 28' \ 00''$

con una diferencia, ò equacion  
para 10 segundos

de mas , ò menos Obliquidad.



o /		V.				Equacion para los minutos.				Equac. para to <sup>o</sup> de difer.		o /	
		O. 6.											
		o	I	II	III	II	III	III		II	III		
0	0	0	0	0	0	23	53	32	00	00		30	00
0	15	0	5	58	23	23	53	32				29	45
0	30	0	11	56	46	23	53	28				29	30
0	45	0	17	55	08	23	53	28				29	15
1	00	0	23	53	30	23	53	24	00	10		29	00
1	15	0	29	51	51	23	53	16				28	45
1	30	0	35	50	10	23	53	08				28	30
1	45	0	41	48	26	23	53	00				28	15
2	00	0	47	46	41	23	52	44	00	19		28	00
2	15	0	53	44	52	23	52	32				27	45
2	30	0	59	43	00	23	52	16				27	30
2	45	1	05	41	04	23	52	04				27	15
3	00	1	11	39	05	23	51	48	00	29		27	00
3	15	1	17	37	02	23	51	28				26	45
3	30	1	23	34	54	23	51	12				26	30
3	45	1	29	32	42	23	50	52				26	15
4	00	1	35	30	25	23	50	28	00	38		26	00
4	15	1	41	28	02	23	50	00				25	45
4	30	1	47	25	32	23	49	36				25	30
4	45	1	53	22	56	23	49	08				25	15
5	00	1	59	20	13	23	48	52	00	48		25	00
5	15	2	05	17	26	23	48	24				24	45
5	30	2	11	14	32	23	47	52				24	30
5	45	2	17	11	30	23	47	16				24	15
6	00	2	23	08	19	23	46	36	00	58		24	00
6	15	2	29	04	58	23	45	48				23	45
6	30	2	35	01	25	23	45	36				23	30
6	45	2	40	57	49	23	45	00				23	15
7	00	2	46	54	04	23	44	04	01	07		23	00
7	15	2	52	50	05	23	43	36				22	45
7	30	2	58	45	59	23	43	00				22	30
7	45	3	04	41	44	23	42	04				22	15
8	00	3	10	37	15	23	41	32	01	17		22	00
8	15	3	16	32	38	23	40	36				21	45
8	30	3	22	27	47	23	39	56				21	30
8	45	3	28	22	46	23	39	08				21	15
9	00	3	34	17	33	23	38	16	01	27		21	00
9	15	3	40	12	07	23	37	24				20	45
9	30	3	46	06	28	23	36	32				20	30
9	45	3	52	00	36	23	35	36				20	15
10	00	3	57	54	30				01	36		20	00
		5. II.											
		m. x.											



o	/	V. O.				Equacion para los minutos.			Equac. para 10'' de difer.		o	/
		o	I	II	III	II	III	IIII	II	III		
10	00	03	57	54	30	23	34	40	01	36	20	00
10	15	04	03	48	10	23	33	44			19	45
10	30	04	09	41	36	23	32	48			19	30
10	45	04	15	34	48	23	31	48			19	15
11	00	04	21	27	45	23	30	52	01	46	19	00
11	15	04	27	20	28	23	29	48			18	45
11	30	04	33	12	55	23	28	40			18	30
11	45	04	39	05	05	23	27	40			18	15
12	00	04	44	57	00	23	26	28	01	55	18	00
12	15	04	50	48	37	23	25	24			17	45
12	30	04	56	39	58	23	24	12			17	30
12	45	05	02	31	01	23	23	04			17	15
13	00	05	08	21	47	23	21	56	02	04	17	00
13	15	05	14	12	16	23	20	36			16	45
13	30	05	20	02	25	23	19	24			16	30
13	45	05	25	52	16	23	18	08			16	15
14	00	05	31	41	48	23	16	52	02	14	16	00
14	15	05	37	31	01	23	15	32			15	45
14	30	05	43	19	54	23	14	12			15	30
14	45	05	49	08	27	23	12	48			15	15
15	00	05	54	56	39	23	11	28	02	23	15	00
15	15	06	00	44	31	23	10	04			14	45
15	30	06	06	32	02	23	08	40			14	30
15	45	06	12	19	12	23	07	08			14	15
16	00	06	18	05	59	23	05	40	02	33	14	00
16	15	06	23	52	24	23	04	08			13	45
16	30	06	29	38	26	23	02	40			13	30
16	45	06	35	24	06	23	01	04			13	15
17	00	06	41	09	22	22	59	32	02	42	13	00
17	15	06	46	54	15	22	57	56			12	45
17	30	06	52	38	44	22	56	20			12	30
17	45	06	58	22	49	22	54	40			12	15
18	00	07	04	06	29	22	53	04	02	52	12	00
18	15	07	09	49	45	22	51	20			11	45
18	30	07	15	32	35	22	49	36			11	30
18	45	07	21	14	59	22	47	52			11	15
19	00	07	26	56	57	22	46	08	03	01	11	00
19	15	07	32	38	29	22	44	20			10	45
19	30	07	38	19	34	22	42	32			10	30
19	45	07	44	00	12	22	40	44			10	15
20	00	07	49	40	23				03	11	10	00
		5.	II.									
		m.	x.									







o /		S.				m.				Equacion para los minutos.				Equac. para 10" de difer.				o /	
		I.				7.													
		o	/	''	'''	''	'''	'''				''	'''						
0	00	11	29	05	14	21	05	28				04	41			30	00		
0	15	11	34	21	36	21	02	40								29	45		
0	30	11	39	37	16	21	59	48								29	30		
0	45	11	44	52	13	20	56	56								29	15		
1	00	11	50	06	27	20	54	04				04	50			29	00		
1	15	11	55	19	58	20	51	08								28	45		
1	30	12	00	32	45	20	48	12								28	30		
1	45	12	05	44	48	20	45	16								28	15		
2	00	12	10	56	07	20	42	12				04	59			28	00		
2	15	12	16	06	40	20	39	16								27	45		
2	30	12	21	16	29	20	36	12								27	30		
2	45	12	26	25	32	20	33	08								27	15		
3	00	12	31	33	49	20	30	04				05	08			27	00		
3	15	12	36	41	20	20	27	00								26	45		
3	30	12	41	48	05	20	23	52								26	30		
3	45	12	46	54	03	20	20	40								26	15		
4	00	12	51	59	13	20	17	28				05	17			26	00		
4	15	12	57	13	02	20	14	20								25	45		
4	30	13	02	07	10	20	11	04								25	30		
4	45	13	07	09	56	20	07	52								25	15		
5	00	13	12	11	54	20	04	32				05	26			25	00		
5	15	13	17	13	02	20	01	16								24	45		
5	30	13	22	13	21	19	57	56								24	30		
5	45	13	27	12	50	19	54	36								24	15		
6	00	13	32	11	29	19	51	16				05	34			24	00		
6	15	13	37	09	18	19	47	48								23	45		
6	30	13	42	06	15	19	44	28								23	30		
6	45	13	47	02	22	19	41	00								23	15		
7	00	13	51	57	37	19	37	32				05	42			23	00		
7	15	13	56	52	00	19	34	04								22	45		
7	30	14	01	45	31	19	30	32								22	30		
7	45	14	06	38	09	19	27	00								22	15		
8	00	14	11	29	54	19	23	28				05	50			22	00		
8	15	14	16	20	46	19	19	52								21	45		
8	30	14	21	10	44	19	16	16								21	30		
8	45	14	25	59	48	19	12	40								21	15		
9	00	14	30	47	58	19	08	00				05	58			21	00		
9	15	14	35	35	13	19	05	16								20	45		
9	30	14	40	21	32	19	01	32								20	30		
9	45	14	45	06	57	18	57	52								20	15		
10	00	14	49	51	25									06	06	20	00		
		4.				10.													
		Ω.				≈.													















o /		II. 2.				+. 8.				Equacion para los minutos.				Equac. para o'' de difer.				o /	
		o	/	II	III	II	III	IIII					II	III					
10	00	21	58	29	35	08	45	40	09	17	20	00							
10	15	22	00	41	00	08	39	24			19	45							
10	30	22	02	50	51	08	33	08			19	30							
10	45	22	04	59	08	08	26	56			19	15							
11	00	22	07	05	52	08	20	40	09	21	19	00							
11	15	22	09	11	02	08	14	24			18	45							
11	30	22	11	14	38	08	08	08			18	30							
11	45	22	13	16	40	08	01	48			18	15							
12	00	22	15	17	07						18	00							
12	15	22	17	16	00	07	55	32	09	25	17	45							
12	30	22	19	13	17	07	49	08			17	30							
12	45	22	21	08	59	07	42	48			17	15							
13	00	22	23	03	07	07	36	32			17	00							
13	15	22	24	55	38	07	30	04	09	29	16	45							
13	30	22	26	46	34	07	23	44			16	30							
13	45	22	28	35	54	07	17	20			16	15							
14	00	22	30	23	38	07	10	56			16	00							
14	15	22	32	09	46	07	04	32	09	33	15	45							
14	30	22	33	54	18	06	58	08			15	30							
14	45	22	35	37	13	06	51	40			15	15							
15	00	22	37	18	31	06	45	12			15	00							
15	15	22	38	58	11	06	38	40	09	37	14	45							
15	30	22	40	36	15	06	32	16			14	30							
15	45	22	42	12	41	06	25	44			14	15							
16	00	22	43	47	30	06	19	16			14	00							
16	15	22	45	20	41	06	12	44	09	40	13	45							
16	30	22	46	52	15	06	06	16			13	30							
16	45	22	48	22	11	05	59	44			13	15							
17	00	22	49	50	28	05	53	08			13	00							
17	15	22	51	17	08	05	46	40	09	43	12	45							
17	30	22	52	42	09	05	40	04			12	30							
17	45	22	54	05	31	05	33	28			12	15							
18	00	22	55	27	14	05	26	52			12	00							
18	15	22	56	47	20	05	20	24	09	46	11	45							
18	30	22	58	05	46	05	13	44			11	30							
18	45	22	59	22	33	05	07	08			11	15							
19	00	23	00	37	39	05	00	24			11	00							
19	15	23	01	51	06	04	53	48	09	48	10	45							
19	30	23	03	02	54	04	47	12			10	30							
19	45	23	04	13	03	04	40	36			10	15							
20	00	23	05	21	34	04	34	04			10	00							
										09	50								
		3.				9.													
		5.				7.													



o /		II. 2.				+. 8.				Equacion para los minutos.				Equac. para 10'' de difer. '' ''				o /	
		o	/	''	'''	''	'''	'''	''	'''	'''	''	'''	'''	''	'''	''	'''	
20	00	23	05	21	34	04	27	24	09	50							10	00	
20	15	23	06	28	25	04	20	40									09	45	
20	30	23	07	33	35	04	13	56									09	30	
20	45	23	08	37	04	04	07	08									09	15	
21	00	23	09	38	51	04	00	32	09	52							09	00	
<hr/>																			
21	15	23	10	38	59	03	53	52									08	45	
21	30	23	11	37	27	03	47	08									08	30	
21	45	23	12	34	14	03	40	32									08	15	
22	00	23	13	29	22												08	00	
<hr/>																			
22	15	23	14	22	48	03	27	00									07	45	
22	30	23	15	14	33	03	20	16									07	30	
22	45	23	16	04	37	03	13	36									07	15	
23	00	23	16	53	01												07	00	
<hr/>																			
23	15	23	17	39	43	03	00	04									06	45	
23	30	23	18	24	44	02	53	20									06	30	
23	45	23	19	08	04	02	46	36									06	15	
24	00	23	19	49	43												06	00	
<hr/>																			
24	15	23	20	29	41	02	39	52	09	55							05	45	
24	30	23	21	07	57	02	33	04									05	30	
24	45	23	21	44	31	02	26	16									05	15	
25	00	23	22	19	23		19	28									05	00	
<hr/>																			
25	15	23	22	52	34	02	12	44	09	56							04	45	
25	30	23	23	24	03	02	05	56									04	30	
25	45	23	23	53	51	01	59	12									04	15	
26	00	23	24	21	56	01	52	20									04	00	
<hr/>																			
26	15	23	24	48	20	01	45	36	09	57							03	45	
26	30	23	25	13	02	01	38	48									03	30	
26	45	23	25	36	02	01	31	20									03	15	
27	00	23	25	57	18	01	25	04									03	00	
<hr/>																			
27	15	23	26	16	53	01	18	20	09	58							02	45	
27	30	23	26	34	46	01	11	32									02	30	
27	45	23	26	50	57	01	04	44									02	15	
28	00	23	27	05	27	00	58	00									02	00	
<hr/>																			
28	15	23	27	18	15	00	51	12	09	59							01	45	
28	30	23	27	29	19	00	44	16									01	30	
28	45	23	27	38	41	00	37	28									01	15	
29	00	23	27	46	22	00	30	44									01	00	
<hr/>																			
29	15	23	27	52	19	00	23	48	10	00							00	45	
29	30	23	27	56	35	00	17	04									00	30	
29	45	23	27	59	08	00	10	12									00	15	
30	00	23	28	00	00	00	03	28									00	00	
<hr/>																			
		3.				9.													
		5.				7.													



## LIBRO III.

## De las Observaciones de Longitud.

## CAPITULO I.

*De las Observaciones de las Immersiones , y Emerfiones  
de los Satelites de Jupiter.*

**L**As observaciones de Longitud , de que S.M. nos hizo tambien particular encargo en nuestro Viage al Perú , son de las mas effenciales à la Geographía , y Navegacion , para determinar las situaciones de los Lugares , los unos respecto de los otros , y poder conducir las Naves por caminos conocidos ; la ignorancia de lo qual hà hecho , y hace todos los dias perder miserablemente gran numero de personas , y de thesoros.

Varios methodos hay de determinar las Longitudes ; pero el mas exacto ( para distancias grandes ) que al presente se conoce , es por las observaciones de diferencias en tiempo entre los Lugares , cuyas longitudes se pretenden saber : las quales diferencias tambien se determinan por varios caminos ; siendo el mas justo de todos el observar en ambos sitios la misma Immersion , ò Emerfion de los Satelites de Jupiter : porque viendose èsta por dos Observadores al mismo instante , y siendo notado el tiempo , en que sucediò , por ambos , la diferencia en tiempo queda concluida , con solo el corejo de las dos observaciones ; y por consiguiente la diferencia en Longitud , redu-



ciendo la de tiempo à partes del Equador : todo lo qual es bien sabido de los Inteligentes ; y esta corta explicacion solo sirve para los que no estuviessen tan versados en el assunto.

El modo de executar bien la observacion , consiste en dos operaciones : la primera en arreglar bien un exacto Pendulo , ò Relox de Pendula ; y la segunda en observar con un Telescopio de 16 à 20 , ò mas pies de largo el instante en el Pendulo , en que sucediò la Immerfion , ò la Emerfion.

Esta ultima no tiene mas practica , que lo dicho ; y con solo uno que cuente los segundos , que vãn passando en el Pendulo , y otro , que observe con el Telescopio la Immerfion , atendiendo al mismo tiempo à los segundos , que vãn contando el compañero , para notar aquel , en que sucediò , quedará la observacion hecha ; con tal que se ponga bastante cuidado , y atencion , pues un solo minuto de diferencia en tiempo , produce un yerro de cinco leguas en Longitud.

La primera operacion pide en algunas cosas atencion ; que será bien explicar , tanto para la inteligencia de ellas , quanto para que se vea el methodo , con que executamos nuestras observaciones , y se pueda juzgar de su exactitud : pero pareciendome , que servirá mas de confusion , que de utilidad el repetir lo mismo varias veces , creo será mejor , explicar por extenso una de las observaciones , que hicimos , con todas las atenciones , precauciones , y reparos , que tuvimos en ella ; pues siendo para las demás los mismos , se deberán suponer guardados en todas las otras : y así en ellas solo pondré su resulta , que es lo mas importante.



El dia 6 de Marzo de 1741 estando en *Lima* D. Antonio de Ulloa, y yo, tomamos con nuestro Quarto de circulo las alturas, que se figuen.

Horas, min y seg. de la mañan. à que	los limbos del Sol.	tuvieron de altura	y Horas, min. y seg. de la tarde.
8 <sup>h</sup> 24' 05"	superior	37°	3 <sup>h</sup> 32' 39"
26 17	inferior		30 27
28 12	superior	38	28 33
30 25	inferior		26 20
32 17	superior	39	24 27
34 30	inferior		22 15

La primera coluna contiene las horas, minutos, y segundos de la mañana, notados en el Pendulo ( que S. M. nos mandò tambien remitir entre los Instrumentos conftruídos en *Paris* ), à las quales los limbos del Sol de la segunda coluna obtuvieron los grados de altura de la tercera: y la quarta coluna contiene las horas, minutos, y segundos de la tarde, à las quales los mismos limbos del Sol obtuvieron los mismos grados de altura.

Es bien sabido, que desde que sale el Sol de una cierta altura por la mañana, hasta que llega al Meridiano, se passa el mismo tiempo ( salvo una cierta correccion, que se explicará despues ) que desde que sale del Meridiano, hasta que obtiene la misma altura por la tarde: luego en las observaciones antecedentes, dividiendo la diferencia de tiempo de las horas notadas por la mañana, à las notadas por la tarde en dos partes iguales, y agregando la una mitad à las horas de la mañana, se obtendrá la hora, en que llegó el centro del Sol al Meridiano, ò el punto de



las doce: esto es, la hora en el Pendulo, à la qual eran las doce en punto: en esta forma,

Hora de la mañana	8 <sup>h</sup> 24' 05"
su correspondiente de la tarde	3 32 39
diferencia	7 08 34
su mitad	3 34 17
mas la hora de la mañana	8 24 05
medio dia en el Pendulo	11 58 22

Con esto se vè, que sola una altura tomada por la mañana, y su correspondiente tomada por la tarde, son suficientes, para hallar el medio en el Pendulo; pero sin embargo tomabamos varias, para que cotejadas sus resultas, se mostrasse el yerro, si se havìa ocasionado alguno en las observaciones.

En el caso presente, las seis alturas correspondientes comparadas, dàn el verdadero medio dia, como se sigue.

8 <sup>h</sup> 24' 05"	8 <sup>h</sup> 26' 17"	8 <sup>h</sup> 28' 12"
3 32 39	3 30 27	3 28 33
7 08 34	7 04 10	7 00 21
3 34 17	3 32 05	3 30 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
11 56 22	11 58 22	11 58 22 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>

8 <sup>h</sup> 30' 25"	8 <sup>h</sup> 32' 17"	8 <sup>h</sup> 34' 30"
3 26 20	3 24 27	3 22 15
6 55 55	6 52 10	6 47 45
3 27 57 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 26 05	3 23 52 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
11 58 22 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	11 58 22	11 58 22 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>

Donde se vè, que todas dàn el medio dia, à medio segundo de diferencia, que es quanta exactitud se puede de-



desear : y tomando un medio aritmético entre todas , se tendrá el medio día en el Pendulo à las 11 horas 58 minutos  $22\frac{1}{4}$  segundos.

Dixe antecedentemente , que el tiempo , que el Sol gastaba en llegar al Meridiano , desde que sale de una altura por la mañana , es igual al tiempo , que emplea , desde que sale del Meridiano , hasta que obtiene la misma altura por la tarde , salvo una corta correccion , que es necesario hacer. Esta proviene del movimiento en Declinacion , que el Sol tiene , desde el tiempo , en que se hacen las observaciones de la mañana , à aquel en que se hacen las de la tarde. Su explicacion , y particularidades son algo dilatadas ; por cuyo motivo juzgo , que por no detenernos en el calculo de las observaciones de las Immersiones , podemos suponerla al presente , y explicarla despues en Capitulo separado : y así corregiremos de esta fuerte el medio día hallado antecedentemente.

Medio día hallado por las alturas correspondientes

11<sup>h</sup> 58'  $22\frac{1}{4}$ "

Correccion aditiva

$2\frac{2}{3}$ "

Verdadero medio día

11 58 25

Con el mismo methodo tomamos alturas correspondientes el día 13 de Marzo , y despues de aplicada la correccion , hallamos el verdadero medio

día en el Pendulo à las

11<sup>h</sup> 59' 33"

Verdadero medio día del 6

11 58 25

luego adelantamiento del Pendulo en 7 días de tiempo verdadero

00 01 08

En estos mismos 7 días el tiempo medio se atrasò respecto del verdadero

00<sup>h</sup> 01' 57"

luego el Pendulo se adelantò en los

mis-



mismos 7 dias sobre el tiempo medio  $00^h 03' 05''$   
 y en un dia se adelantaría  $00 00 26\frac{3}{7}$

La noche antecedente del doce obser-  
 vamos la Emerfion del primer Satelite de  
 Jupiter à las  $11 38 00$   
 desde cuya hora , hasta las doce del dia

$13$  vãn  $12 22 00$

en las quales el Pendulo se adelantaría  
 sobre el tiempo medio  $00 00 13\frac{1}{2}$

pero en las mismas  $12^h 22'$  el tiempo me-  
 dio se atrasò del verdadero  $00 00 09\frac{1}{4}$

luego se adelantò el Pendulo en dichas  
 $12^h 22'$  sobre el tiempo verdadero solos  $00 00 04\frac{1}{4}$

que subtraidos del medio dia del  $13$   $11 59 33$   
 quedan  $11 59 28\frac{3}{4}$

cuyo complemento à  $12$  horas es lo que  
 el Pendulo iba atrasado à la hora de la  
 observacion del Satelite  $00 00 31\frac{1}{4}$

y afsi añadido à la hora del Pendulo , en  
 que se observò la Emerfion  $11 38 00$

se tendrá la hora verdadera , en que su-  
 cediò la Emerfion del primer Satelite de  
 Jupiter  $11 38 31\frac{1}{4}$

En la propia conformidad se hicieron varias observa-  
 ciones de Immerfiones , y Emerfiones de los Satelites de  
 Jupiter , que son las siguientes ; en las quales las horas no-  
 tadas , son las verdaderas , corregidas como en el exemplo  
 antecedente.

Observaciones de las Emerfiones de los Satelites de Ju-  
 piter hechas en *Cartagena* el año de 1735 por *D. Antonio*  
*de Ulloa* , y por mì : haviendonos servido del Annulo af-



trónómico, que fuè del *P. Feüilée*, para tomar alturas correspondientes, y arreglar el Pendulo, y de un Telescópio de 16 pies, y medio del Piè de Rey de *Paris* de largo.

Julio	29	estando la Atmospha-	Satelites.	Horas de las ob-
		ra algo crasa	1	servaciones.
				9 <sup>h</sup> 28' 56"
Agoſto	14	el Cielo bien limpio	'	7 47 11
	18	la Atmosphaera casi		
		imperceptible crasa	2	10 30 43
	21	el Cielo bien limpio	3	08 12 19 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
			1	09 45 10
Octubre	15	la Atmosphaera algo		
		crasa		06 58 33 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
	22			08 53 23

En *Quito* hicimos con *M. Godin* las observaciones, que se figuen, con un Telescópio de 18 pies de largo el año de 1736.

Julio	1	estando la Atmospha-		
		ra algo crasa	Imm. 3	14 <sup>h</sup> 42' 42"
	8	el Cielo bien limpio	1	10 04 41 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
	15	el Cielo bien carga-		
		do, por lo que se le		
		quita à la observ. 2'.		11 56 28
	24	la Atmosphaera algo		
		crasa		8 19 24
		el Cielo bien limpio	2	12 10 30 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
Agoſto	18		Emer. 2	14 16 47

En *Cayambe* hizo con *M. Godin D. Antonio de Ulloa* en 1736 las observaciones, que se figuen.

Septiemb.	17	estando el Cielo limpio	1	7 <sup>h</sup> 37' 19 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> "
	19	cargado	3	00 33 54
				Estan-



Estando el año de 1741 en *Lima* D. Antonio de Ulloa, y yo, observamos con el Telescópio de 16 pies, y medio, las Emerfiones, que se figuen.

Febrero	3	estando el Cielo limpio	1	7 <sup>h</sup> 30' 07 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "
Marzo	5			9 40 59
	12	la Atmosphera algo		
		crafa		11 38 31 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
	21			8 04 36
	28			10 03 36
Abril	29	el Cielo limpio		06 46 35

De regresso à España por el Cabo de Hornos, havien-  
do arribado al *Guarico*, ò *Cabo Francès*, observè con el mis-  
mo Telescópio la Emerfion del primer Satelite de Jupiter  
del dia 29 de Julio de 1745, à las 9<sup>h</sup> 55' 57"

Estas observaciones comparadas con las mismas, he-  
chas en otros lugares, donde hay establecidos Observato-  
rios, daràn con la mayor precision las Longitudes Geo-  
gráficas.

## CAPITULO II.

### *De las Observaciones de Eclipses de Luna.*

**L**OS Eclipses de Luna son tambien muy propios, para  
determinar la Longitud de los Lugares, haciendo  
igual uso de ellos, que de las Inmersiones de los Satelites;  
por cuyo motivo, tuvimos gran cuydado, en observar  
todos los que pudimos en el discurso del Viage; y son los  
que se figuen.

El dia 19 de Septiembre de 1736, estando en *Yaruqui*,  
Pueblo en el llano, donde se midiò la Base fundamental  
para



para la medida de la Meridiana , observè  
este Eclipse.

Horas de las ob-  
servaciones.

Principio del Eclipse	7 <sup>h</sup> 47' 19"
<i>Galilèo</i> entrò en sombra	51 04
Principio de <i>Mare Humorum</i>	55 39
<i>Keplero</i>	56 49
<i>Aristarco</i> entrò en sombra	58 29
<i>Lansbergio</i> entrò en sombra	8 02 15
Principio de <i>Tycho</i>	11 39
<i>Mare Nectaris</i>	33 08
Fin de <i>Mare Nectaris</i>	35 48
Principio de <i>Mare Fecunditatis</i>	38 38
<i>Mare Crisium</i>	43 28
Fin de <i>Mare Fecunditatis</i>	46 32
<i>Mare Crisium</i>	47 37
Fin de la total Immerfion , ò Eclipse	51 32
Principio de la Emerfion	10 38 24

El reſto de las Emerfiones no ſe pudieron lograr por  
las muchas Nubes , que cubrieron la Luna.

El dia 8 de Septiembre de 1737 , eſtando en *Quito*;  
observè el que ſe ſigue.

Horas de las ob-  
servaciones.

<i>Keplero</i> empezò à entrar en sombra	9 <sup>h</sup> 02' 53 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "
Acabò de entrar el miſmo	04 59
Principio de <i>Platòn</i>	10 55
Fin del miſmo	12 14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
Principio de <i>Timocares</i>	18 00
<i>Copernico</i>	25 45 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
<i>Grimaldi</i>	28 01
Fin de <i>Copernico</i>	30 01
Principio de <i>Manilio</i>	41 22



Principio de <i>Menelao</i>	09 <sup>h</sup> 44' 52 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "
<i>Plinio</i>	52 03
Saliò <i>Grimaldi</i>	58 33 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
Entrò <i>Dionisio</i>	10 13 30
Saliò <i>Copernicò</i>	36 32
<i>Aristarco</i>	39 31 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
<i>Manilio</i>	50 08
<i>Menelao</i>	54 08 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
<i>Archimedes</i>	56 58 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
<i>Platòn</i>	11 11 46 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
<i>Mare Crisium</i>	15 05
<i>Hermes</i>	23 16
Fin de la total Emerfion	30 51 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>

Es de notar en este Eclipse una particularidad, y es, que hubo Faculas, que se immergieron despues, que otras salieron de la sombra. En la misma observacion se vè, que *Dionisio* entrò en sombra, despues que saliò *Grimaldi*.

El dia 24 de Enero de 1739, estando tambien en *Quito*, observè con un anteojo de reflexion de 14 pulgadas de largo, el que se sigue.

	Horas de las observaciones.
Saliò el medio de <i>Mare Crisium</i>	7 <sup>h</sup> 06' 05 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "
Fin de <i>Mare Crisium</i>	9 15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
Fin del Eclipse total	13 30 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>

La sombra en esta observacion se viò bien terminada, aunque la Penumbra era muy estendida, pero bien distinguida de la sombra. El Eclipse me pareciò finalizar en el extremo de un Diametro tirado en la Luna por la Facula blanca junto à *Insula sinus medii* de la parte del Septentrion, y por poco mas al medio dia que *Plinio*, y tambien por *Bullialdo*. Las Nubes me impidieron el observar las demás Phases.

El



El dia 13 de Enero de 1740, tambien en *Quito*, observè el que se sigue , con un anteojo de  $5\frac{1}{2}$  pies.

Horas de las ob-  
servaciones.

Saliò de la sombra <i>Menelao</i>	6 <sup>h</sup> 42' 44"
<i>Dionisio</i>	46 28
<i>Plinio</i>	47 30
totalmente <i>Mare Nectaris</i>	55 58
<i>Mare Crisium</i>	7 01 53
Fin del Eclipse	07 24

La sombra estuvo bien terminada , y el Eclipse finalizò entre *Mare Crisium* , y *Langreno*.

### CAPITULO III.

*De las Observaciones , que se me comunicaron , comparadas con las antecedentes , de que resulta la Longitud de los Lugares.*

YA se dixo en el Capitulo primero , que para hallar la Longitud de los Lugares , donde se huvieren hecho observaciones de Eclipses , era necessario , comparàr èstas con las mismas , hechas en otros parages ; por cuyo motivo procurè solicitar de los inteligentes las que havian practicado.

*M. Godin* despues de su arribo à *Cartagena* me comunicò las que se siguen de los Satelites de *Jupiter*, que hizo en la *Isla de Santo Domingo* el año 1735.

En la *Caye S. Louis*.

		Satelites.	Horas de las ob- servaciones.
Julio	16	3	12 <sup>h</sup> 24' 30"
	17	2	10 53 35
	20	1	13 11 56 $\frac{1}{2}$
		K <sub>2</sub>	En



## OBSERVACIONES

Horas de las ob-  
servaciones.

		Satel.	
22	En S. Forge una legua y media al Este de la Caye S. Louis.	4	7 <sup>h</sup> 22' 03 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "
22	En el Petit Goave.	1	7 40 28
Agoſto	11	2	8 07 16
	21	1	9 54 55 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	28	11	51 41
		3	12 27 24
Septiembre	6	1	8 19 24
	10	4	10 07 22
	13	1	10 16 33
	27	4	8 21 38

Mi regreso de la America, hecho por Francia, me franqueò la ocasion de tratar en *Paris* à *M. Cassini*, quien me comunicò las observaciones, que se figuen, de los Satelites de Jupiter, que en el Real Observatorio se havian hecho.

		Satelites.	Horas de las ob- servaciones.
1735	Julio	8	1 8 <sup>h</sup> 55' 26"
		31	9 06 06
	Agoſto	4	2 10 27 19
		7	1 11 01 53
		23	9 24 15
		29	2 7 38 00
1736	Agoſto	9	1 14 17 26
		11	8 45 50
		18	el Cielo no estaba sereno
	Sept.	5	2 12 17 42
1741	Enero	27	el tiempo no estaba claro
	Febrero	26	el tiempo no estaba muy claro
	Marzo	14	11 24 22

Mar-



		Satelites.	Horas de las ob- servaciones.
1741	Marzo 23	I	7 <sup>h</sup> 51' 09"
	Abril 15		8 10 34
	22		10 08 30

De todos estos Eclipses no hay mas de uno, que se haya observado en dos Lugares, y es la Emerision del primer Satelite de Jupiter del dia 21 de Agosto de 1735.

Esta se viò en *Cartagena* à las 9<sup>h</sup> 45' 10"  
 el *Petit Goave* 9 54 55<sup>z</sup>  
 diferencia de Merid. entre *Cart.* y el *Petit Goave* 9 45<sup>z</sup>  
 que equivalen à 2° 26' 22<sup>z</sup> de Longitud.

Ademàs de esto, en las *Memorias de la Academia de las Ciencias de París* del año de 1737 se halla el Eclipse de Luna del dia 19 de Septiembre de 1736, observado por *M. le Monnier*; en donde se encuentran las Phases, que se siguen, correspondientes à las mias.

Principio del Eclipse en <i>Yaruquì</i>	7 <sup>h</sup> 47' 19"
en <i>París</i>	13 08 17
Diferencia de Meridian. entre estos dos Lug.	5 20 58
<i>Aristarco</i> entrò en sombra en <i>Yaruquì</i>	7 58 29
en <i>París</i>	13 19 22
Diferencia de Meridianos	5 20 53
Immerision total de la Luna en <i>Yaruquì</i>	8 51 32
en <i>París</i>	14 12 46
Diferencia de Meridianos	5 21 14
Principio de la Emerision en <i>Yaruquì</i>	10 38 24
en <i>París</i>	16 00 34
Diferencia de Meridianos	5 22 10

Tambien en las *Memorias* de 1736 se halla este mismo Eclipse



Eclipse , observado por *M. Grandjean de Fouchy* , y las Phases correspondientes à las mias , que se siguen.

<i>Galileo</i> entrò en sombra en <i>Yaruqui</i>	7 <sup>h</sup> 51' 04"
en <i>París</i>	13 11 38
Diferencia de Meridianos	5 20 34
Principio de <i>Keplero</i> en <i>Yaruqui</i>	7 56 49
en <i>París</i>	13 20 06
Diferencia de Meridianos	5 23 17
<i>Aristarco</i> entrò en sombra en <i>Yaruqui</i>	7 58 29
en <i>París</i>	13 21 11
Diferencia de Meridianos	5 22 42
Principio de <i>Mare Crisium</i> en <i>Yaruqui</i>	8 43 28
en <i>París</i>	14 04 35
Diferencia de Meridianos	5 21 07
Fin de <i>Mare Crisium</i> en <i>Yaruqui</i>	8 47 37
en <i>París</i>	14 08 27
Diferencia de Meridianos	5 20 50
Fin de la total Imersion en <i>Yaruqui</i>	8 51 32
en <i>París</i>	14 11 15
Diferencia de Meridianos	5 19 43
Principio de la Emercion en <i>Yaruqui</i>	10 38 24
en <i>París</i>	15 58 44
Diferencia de Meridianos	5 20 20

Estas son las unicas observaciones correspondientes, que se hallan entre todas las antecedentes : pero si por esta via no podemos concluir la diferencia de Meridianos de los demàs Lugares, nos valdrémos de otra, que no se aleja mucho de la primera. Ordinariamente en caso, que no se tengan observaciones correspondientes, se usa de las tablas del primer Satelite de *Jupiter* , que son las mas exactas , para calcular por ellas el tiempo , en que sucede la Imersion,



ò Emerfion de este Planeta en un Lugar como *París*, *Londres*, ò otro, cuya Longitud fea baftantemente conocida, para que comparado con la obfervacion hecha en otro Lugar, fe concluya fu diferencia de Meridianos. Este metodo fuele dàr algunas veces hafta 3, y 4. minutos de yerro, procedido, de el que refulta de las tablas, defpues de paífado mucho tiempo, desde fus primeras raíces, hafta la hora de la obfervacion: para evitarle pues, no hay mas, que tomar la raíz lo mas proximo, que fe pudiere de la obfervacion, efto es, por exemplo, calcular por las tablas la diferencia en tiempo entre las Emerfiones de los dias 29, y 31 de Julio de 2735, la qual aplicada à la obfervacion hecha este dia en *París*, fe tendrá con baftante exactitud el tiempo en que fucedìò la Emerfion del dia 29 en el propio Lugar; que defpues fe puede comparàr con la obfervacion hecha este dia en *Cartagena*, para obtener fu diferencia de Meridianos.

Con esta regla pues hallarémos las Longitudes de los Lugares como fe figue.

Obfervacion de la Emerfion del 1 Satelite de Jupiter hecha en *París* por *M. Cafsini* en Julio de 1735

31<sup>d</sup> 09<sup>h</sup> 06' 06"

Diferencia en tiempo entre las Emerfiones de los dias 29, y 31 del propio mes, calculada por las tablas de *M. Cafsini*

1 18 28 48

Emerfion en *París* el

29 14 37 18

En *Cartagena* la obfervamos el

29 9 28 56

Diferencia de Meridianos entre *París*, y *Cartagena*

5 08 22

De la propia suerte, continuando el calculo, fe concluiràn las diferencias, que fe figuen.

Por



Por las Emerfiones del 1 Satelite de los dias 29, y 31 de Julio de 1735	Difer. de Meridianos entre Paris, y Cartag. 5 <sup>h</sup> 08' 22"
Por las de los dias 7, y 14 de Agosto	5 <sup>h</sup> 10' 43"
21, y 23 del mismo	09 56
Por las Emerfiones del 2 Satelite de los dias 4, y 18 de Agosto de 1735	11 36
Por las de los dias 18, y 29 del mismo	09 51
Por la Immerfion del 1 Satelite del dia 8 de Julio, y la Emerfion del 9 de Agosto de 1736	Difer. de Meridianos entre Paris, y Quito 5 <sup>h</sup> 21' 25"
Por la Immerfion del 1 Satelite del dia 8 de Julio, y la Emerfion del 11 de Ag.	20 51
Por la Immerfion del 2 Satelite del dia 24 de Julio, y la Emerfion del 5 de Septiembre de 1736	22 34
Por las Emerfiones de los dias 18 de Agosto, y 5 de Septiembre	24 34
Por las Emerfiones del 1 Satelite de los dias 11 de Agosto, y 17 de Septiembre de 1736	Difer. de Meridianos entre Paris, y Cayambe 5 <sup>h</sup> 22' 23"
Por las Emerfiones del 1 Satelite de los dias 27 de Enero, y 3 de Febrero de 1741	Difer. de Meridianos entre Paris, y Lima 5 <sup>h</sup> 17' 10"
Por las de los dias 26 de Febr. y 5 de Marzo	52
5 y 14 de Marzo	46
12 y 14 del mismo	30
21 y 23	16 55
22 y 29	18 20
Por las Emerfiones del 1 Satelite de los dias 8, y 20 de Julio de 1735	Difer. de Meridianos entre Paris, y la Caye S. Louis. 5 <sup>h</sup> 02' 40"
Por	



Difer.de Meridia-  
nos entre *París*, y  
la *Caye S. Louis*.

5<sup>h</sup> 02' 11"

Por las de los dias 22, y 31

Por las Emerfiones del 2 Satelite de los  
dias 17 de Julio, y 4 de Agosto de 1735.

03 09

Por las Emerfiones del 1 Satelite de los  
dias 7, y 21 de Agosto de 1735

Difer.de Meridia-  
nos entre *París*, y  
el *Petit Goave*.

4<sup>h</sup> 59' 28½"

Por las de los dias 23, y 28 del mismo  
23 de Ag. y 6 de Sept.

5 00 06

4 59 11

Las diferencias de Meridianos halladas entre *París*, y  
*Cayambe*, y entre aquella Ciudad, y *Yaruquí* se pueden re-  
ducir à *Quito*, hallando la diferencia de Meridianos entre  
esta Ciudad, y los dos Pueblos antecedentes por el Mapa  
general de la Meridiana, que se inferta en el Libro VII; y  
feràn,

Diferencia de Merid. entre *París*, y *Cayambe*

5<sup>h</sup> 22' 23"

Mas la diferencia entre *Quito*, y *Cayambe* de-  
ducida del Mapa

50

Diferencia de Meridianos entre *París*, y *Quito*

23 13

De la misma suerte las quatro determinacio-  
nes de diferencia de Meridianos entre *París*, y  
*Yaruquí*, concluidas por el Eclipse, que obser-  
vò *M. le Monnier*, se reduciràn à *Quito*, agre-  
gando 1' 30", y quedaràn en

5 22 28

23

44

23 40

Asimismo las concluidas por el Eclipse, que  
observò *M. Grandjean de Fouchy* se reduciràn à

5 22 04

24 47

Unien-



5<sup>h</sup> 24' 12"

22 37

22 20

21 13

21 50

Uniendo estas doce determinaciones con las quatro antecedentes, y tomando un medio aritmético entre todas, tendremos la diferencia de Meridianos entre *París*, y *Quito* de 5<sup>h</sup> 22' 41" que equivalen à 80° 40 $\frac{1}{4}$ ' de Longitud.

El medio entre las cinco determinaciones de *Cartagena* dà la diferencia de Meridianos entre esta Ciudad, y *París* de 5 10 06 que equivalen à 77° 31 $\frac{1}{2}$ ' de Longitud.

El medio entre las seis de *Lima* dà la diferencia de Meridianos entre esta Ciudad, y la de *París* de 5 17 36 que equivalen à 79° 24' de Longitud.

El medio entre las tres de la *Caye S. Louis* dà la diferencia de Meridianos entre este Lugar, y *París* de 5 02 40 que equivalen à 75° 40' de Longitud.

Por ultimo el medio entre las tres del *Petit Goave* dà la diferencia de Meridianos entre este Lugar, y *París* de 4 59 35 que equivalen à 74° 53' 45" de Longitud.

No hallandonos por ahora con observacion hecha en *París*, proxima à la que yo hice de la Emerfion del 1 Satelite de Jupiter en el *Guarico*, ò *Cabo Francès* el dia 29 de Julio de 1745, podemos valernos, para determinar la diferencia de Meridianos entre este Lugar, y *París*, de la hora, à



à que las tablas dàn esta Emerfion en esta Ciudad , que es  
à las 14<sup>h</sup> 48 00"

la observacion en el *Guarico* la hice à las 9 55 57

luego diferencia de Meridianos entre el *Gua-*  
*rico* , y *París* 4 52 03

## CAPITULO IV.

*De la correccion , que se debe hacer al medio dia , hallado por  
las alturas correspondientes , producida de la mutacion  
en Declinacion del Sol.*

EN el Capitulo. 1 se empleò la correccion , que se debe  
hacer al medio dia , hallado por las alturas corres-  
pondientes , producida de la mutacion en Declinacion , que  
el Sol tiene en el intervalo , que se hacen las observaciones  
de la mañana , y tarde ; y se dexò de explicar , por hacerlo  
mas ampliamente en este lugar : y siendo el mejor methodo  
valerse de una figura ; sean en la Ortographica proyeccion  
de la Esphera sobre el plano del Meridiano ,<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Fig. 1  
Lam. 3

AQXE el Meridiano

HO Horizonte

EQ la Equinoccial

AX el Exe

Y porque el Astro en el intervalo , que se hicieron las  
observaciones de mañana , y tarde , mudò de Declinacion ,  
debemos suponer FMG el paralelo , en que se hallaba al  
tiempo , que se hicieron las unas observaciones , y LPK el  
paralelo , en que se hallaba al tiempo , que se hicieron las  
otras : y siendo RMPS el círculo de altura , ò Almincan-  
tarath , donde estaba el Astro , al tiempo de hacerse ambas  
observaciones , AMX será el Horario , en que se hallaba ,



al tiempo de las primeras, y APX denotará aquel, en que se hallaba, al tiempo de hacerse las segundas: y no siendo el tiempo, que gastó en ir de un Horario al Meridiano igual, al que gastó en ir desde éste al otro Horario, tampoco será, el que empleó en ir desde la altura M al Meridiano, igual, al que empleó en pasar desde éste à la misma altura P: la diferencia es el valor del angulo MAP, y su medida el arco de Equinoccial TV. Para hallarle nos pudieramos servir del methodo ordinario de resolver los dos triangulos esféricos AZM, AZP; pero además de ser largo, y enfadoso, no nos descubre propiedad alguna de esta correccion, que con facilidad hace la Geometría. Sean pues además,

$r = CA$  radio de la Esphera

$s = AD$  seno de la altura de Polo

$c = CD$  seno 2 de la misma

$m = CB$  seno de la altura del Astro sobre el Horizonte

$n = BR = BS$  seno 2 de la misma

$x = CN$  seno de la Declinacion

$y = NG = NF$  seno 2 de la misma

$u = CT$  seno 2 del angulo horario

$z = à$  su seno 1.

$S = à$  la tangente de la altura de Polo.

$X =$  Declinacion.

$Z =$  del angulo horario.

Los triangulos semejantes ADC, CNI dàn,  $CI = \frac{rx}{s}$ , y  $NI = \frac{cx}{s}$ ; por lo que  $BI = BC (m) - CI \left( \frac{rx}{s} = \frac{ms - rx}{s} \right)$ .

Los



Los triangulos semejantes ADC, MBI dan tambien  $c$ :

$$r = \frac{ms - rx}{s} : IM = \frac{rms - rrx}{cs}; \text{ por lo que } NI \left( \frac{cx}{s} \right) + IM$$

$$\left( \frac{rms - rrx}{cs} \right) = NM = \frac{ccx + rms - rrx}{cs} = \frac{rm - sx}{c}. \text{ Pero}$$

$$\text{tambien es } NM = \frac{yu}{r}; \text{ luego } \frac{rm - sx}{c} = \frac{yu}{r}; \text{ ò } rrm - rsx = cyu.$$

Suponiendo ahora la Declinacion, y el angulo horario variables, y las demàs cantidades constantes; y tomando la diferencia de la Equacion antecedente, tendrèmos  $-rsdx = cydu + cudy$ ; ò  $rsydy - cuxdy = cyxdu$ .

Sean ademàs de esto el arco de la Declinacion  $QG = D$ , y el arco, cuyo seno es  $CT(u) = E$ ; y tomando GK por una diferencia infinitamente pequeña, serà està  $= dD$ ; y la diferencia de los arcos CT,  $CV = dE$ ; con lo qual tendrèmos  $r : x = dD : dy = \frac{x dD}{t}$ ; y tambien  $r : z = dE$ :

$du = \frac{z dE}{r}$ . Poniendo estos valores en la Equacion antecedente tendrèmos . . . . .

$$(rsy) \cdot \left( \frac{x dD}{r} \right) - (cux) \cdot \left( \frac{x dD}{r} \right) = (cyx) \cdot \left( \frac{z dE}{r} \right); \text{ ò } . . . . .$$

$$dE = \left( \frac{rs}{cz} - \frac{ux}{yz} \right) dD = \left( \frac{S}{z} - \frac{X}{Z} \right) dD; \text{ que es la for-}$$

mula, que dà M. de Maupertuis en su *Astronomia Nautica*, y el valor del arco, medida del angulo MAP; cuya mitad, reducida à tiempo, debe ser añadida, ò substraída del medio dia, hallado por las alturas correspondientes, para obtener el verdadero.

Quan-



Quando  $x$  es negativa, esto es, quando declina el Astro àcia el Polo  $X$ , es necesario mudar el signo à la cantidad  $\frac{ux}{yz}$ , igualmente que à  $\frac{X}{Z}$ .

Esta correccion se vè claramente ser nula, quando es  $dD = 0$ ; que sucede, si es el Sol el Astro, que se observa, quando se halla èste en los Trópicos, por no tener en este caso movimiento en Declinacion. Pero tambien lo será, quando  $\frac{rs}{c} - \frac{ux}{y} = 0$ , ò  $S - \frac{Xu}{r} = 0$ ; que se reduce à  $r:u = X:S$ ; y como es preciso, que sea  $r > u$ , tambien será preciso, para que la correccion sea nula, que sea  $X > S$ : luego esto no pudo suceder en las observaciones solares mas que en los Lugares, que están entre los Trópicos, quando el Sol se halle entre el Zenith del Lugar, y su Polo elevado.

La proporcion  $r:u = X:S$  tambien muestra, que el ser esta correccion nula en qualquier Lugar, no solo depende de la Declinacion, sino tambien del angulo horario.

Para hallar pues el tiempo, en que lo será, suponiendo el circulo horario  $ATX$  <sup>a</sup> dado, se levantará  $TY$  perpendicular à  $CT$ , è igual à la tangente de la altura de Polo; y tirando  $CYG$ , y por  $G$  el paralelo  $GF$ , èste cortará el horario en  $M$ , donde debe hallarse el Astro, para que la correccion sea nula.

Si se quieren hallar para una Latitud dada todos los puntos  $M$ , nos valdrèmos de la igualacion  $rS = uX$ ; ò  $rS = \frac{urx}{y}$ ; y como por la essencia del circulo tengamos  $y =$



$(rr - xx)^2$ , èsta se reducirà à  $rS$ .  $(rr - xx)^{\frac{1}{2}} = rux$ ; ò  $S^2 r^2 = S^2 x^2 - u^2 x^2$ ; que es la Equacion de la curva ABMD, cuyos Abscisses  $u$  se han de tomar sobre CQ, y las Ordenadas  $x$  paralelas à CA: en la qual siempre que se hicieren observaciones, estando el Astro en ella, la correccion serà nula; aditiva, quando se apartasse; y substractiva, quando se aproximasse.

Es de notar, que la curva tiene dos ramas semejantes, ABD si se toman las  $u$  positivas, y ALI si se toman negativas; siendo la mayor de sus Ordenadas la CA: y afsimismo, que se acerca infinitamente à su coordenada CQ, quando la  $u$  es infinita; aunque en el caso presente, no nos sirve tomarla mas que hasta D, respeto de no poder ser mayor que CQ ( $r$ ).

Quando la latitud es nula, la curva se confunde con la linea CQ, y por configuiente es una linea recta; porque la equacion es entonces  $0 = u^2 x^2$ , y serà siempre la Ordenada  $x = 0$ .

Quando la Latitud es de  $90^\circ$ , la curva se confunde con la tangente AK, y es tambien una linea recta; porque en este caso es  $S = \infty$ , y la equacion se reduce à  $x = r$ .

Como todo esto no es facil de entender por los pocos versados en la Geometria, aclararèmos el calculo con un exemplo, que serà el de hallar la correccion supuesta en el primer Capitulo de  $2\frac{2}{3}''$ , de que nos servimos, para corregir las alturas correspondientes, tomadas en Lima el dia 6 de Marzo de 1741.

La formula mas facil para ello es  $dE = \left( \frac{S}{z} - \frac{X}{Z} \right) dD$ , en la qual  $S$  serà la tangente de  $12^\circ 02' 40''$  Latitud de Lima;



ma; Z la tangente del angulo horario  $52^{\circ} 30'$ , que equivalen à  $3^h 30'$ ; mitad del intervalo, que hubo entre las observaciones de la mañana, y tarde; z el seno del mismo angulo horario de  $52^{\circ} 30'$ ; y X la tangente de la Declinacion  $5^{\circ} 24'$ , que tenía con corta diferencia el Sol en la ocasion; siendo  $dD = 408''$ , que tuvo de mutacion en Declinacion en las siete horas, que se passaron de unas observaciones à otras. Con esto, valiendose de las tablas Logarithmicas, se hallará, que la primera cantidad...

$$\frac{S}{z} dD = \left( \frac{\tan. 12^{\circ} 02' 40''}{\text{sen. } 52^{\circ} 30'} \right) \cdot 408'' = 109''.6; \text{ y la segun-}$$

$$\text{da } \frac{X}{Z} dD = \left( \frac{\tan. 5^{\circ} 24'}{\tan. 52^{\circ} 30'} \right) \cdot 408'' = 29''.6; \text{ la qual restada}$$

de la primera quedan  $80''$ ; cuya mitad  $40''$  convertidos en tiempo hacen  $2\frac{2}{3}''$ , que es la correccion, que se supuso.

(§)





# SELENOGRAPHIA

# DE LA LUNA.

- 1 *Scimaldi.*
- 2 *Galileo.*
- 3 *Aristarcho.*
- 4 *Keplero.*
- 5 *Gassendo.*
- 6 *Schi.Kaxdo.*
- 7 *Harpalo.*
- 8 *Hexaclides.*
- 9 *Lansbergio.*
- 10 *Reimholfo.*
- 11 *Copernico.*
- 12 *Helicon.*
- 13 *Capuano.*
- 14 *Bullialdo.*
- 15 *Exatosthenes.*
- 16 *Timocharis.*
- 17 *Platon.*
- 18 *Archimedes.*
- 19 *Insula sinus medii.*
- 20 *Pitato.*
- 21 *Tycho.*
- 22 *Eudoxo.*
- 23 *Aristoteles.*
- 24 *Manilio.*

- 25 *Menelao.*
- 26 *Hexmes.*
- 27 *Possidonio.*
- 28 *Dionissio.*
- 29 *Plinio.*
- 30 *Catharina, Cizillo, Theopha.*
- 31 *Tracastoxio.*
- 32 *Promontorio agudo.*
- 33 *Messahala.*
- 34 *Promontorio del sueño.*
- 35 *Proclo.*
- 36 *Cleomedes.*
- 37 *Snellio y Fixnario.*
- 38 *Petavio.*
- 39 *Langreno.*
- 40 *Taxuntio.*
- 41 *Ptolomeo.*
- A *Maxe Humorum.*
- B *Maxe Nubium.*
- C *Maxe Imbrium.*
- D *Maxe Nectaxis.*
- E *Maxe Tranquilitatis.*
- F *Maxe Serenitatis.*
- G *Maxe Feconditatis.*
- H *Maxe Crisium.*











## LIBRO IV.

## Sobre la dilatacion, y compresion de los Metales.

**D**Esde que notaron los Phisicos la dilatacion, y compresion de los Metales, procuraron algunos darnos luz, y medida de sus variaciones, para conseguir la justificacion, que se requiere en las experiencias, y observaciones en que usamos de ellos; de las quales se nos encargaron algunas en nuestro Viage à el *Perù*: y como en todo aquello, que conduce à la precision, y acierto de las obras, procuramos no omitir la menor diligencia, que llegasse à nuestro conocimiento, se tuvo muy presente esta experiencia tan essencial, pues media linea de mas, ò menos longitud en la *Toesa*, que sirve de medida fundamental, produce un yerro de 33 toesas en cada grado de la Meridiana, que era el principal fin de nuestro destino.

La diferencia en longitud de los Pendulos, que vibran en igual tiempo en *Paris*, y sobre el Equador, la qual conspira tambien à fundar la figura de la tierra Lata, no es mas de  $1\frac{1}{4}$  lineas, por las observaciones, que *M. Richer* hizo en la Isla de la Ceyenna; por lo que, si la dilatacion, y compresion de los Metales dãn alteraciones iguales en las medidas, de que nos servimos, para examinar dichos Pendulos, no se pudiera concluir observacion exacta sin su conocimiento: consideraciones, que nos obligaron à solicitar las mas exactas experiencias sobre este particular.



En la *Historia de la Academia de Ciencias de París* en el año 1670 se dice, que *M. Picard* observò, que el frio comprimía las Piedras, y Metales de fuerte, que en la longitud de un piè dichos cuerpos perdían un quarto de linea.

En la misma *Historia* en el año 1688 se halla tambien, que *M. de la Hire* observò, que una *Toesa* de hierro de 8 lineas de grueso en quadro aumentò su longitud en el Estio, de la que tuvo en Imbierno, quando helaba,  $\frac{2}{3}$  de linea.

*M. Newton* en su Obra *Philosophiæ naturalis principia Mathematica*, despues de haver notado las dos observaciones referidas, dice, <sup>a</sup> *Virga ferrea, pedes tres longa, tempore hyberno in Angliâ brevior est, quàm tempore æstivo, sextâ parte lineæ unius, quantum sentio.*

<sup>a</sup> Libro 3.  
PROP. 19.  
pag. 422.

Todas estas observaciones solo concluyen, que los Metales varían de Longitud, segun los distintos temperamentos: pues *M. Picard* solo dice, que se comprimieron, sin asignar el grado de frialdad: y *M. de la Hire*, y *Newton* solo, que del Imbierno al Verano tuvieron las diferencias referidas sobre cierta longitud de hierro, pero nos dexan, sin saber, què frio, y calor se experimentò, que es lo que es necesario conocer, para reducir las medidas, segun los grados de calor, que asignare el Thermometro en cada temple, à un mismo temperamento.

*M. Desaguliers* en su *Philosophiæ experimental* trae tambien distintas observaciones, hechas con el Instrumento de la invencion de *M. Muschenbrock*; y lo que solo se concluye de ellas, es la relacion de la dilatacion de los Metales, pero no la medida absoluta de cada uno, en un grado de temperamento conocido, que parece es el punto deseado.



Otros Instrumentos , y observaciones de igual caracter , se han hecho , pero todos con el mismo defecto ; de fuerte , que el unico de quien se tuvo noticia , haver hecho experiencias del thenor deseado , fuè *M. de Mairan* , que en el Appendix à su Memoria sobre la longitud del Pendulo de segundos en *París* , dice , que 15 , ò 20 grados mas de calor , con que el Sol hacìa subir el Thermometro , <sup>a</sup> hicieron siempre alargar sensiblemente una vara de hierro , que estaba expuesta à sus rayos , de  $\frac{1}{30}$  , ò  $\frac{1}{22}$  de linea , por cada 3 pies , y  $8\frac{1}{2}$  lineas de largo.

De esta variacion nos huvieramos servido , si *M. Godin* no huviera experimentado otra muy distinta , por varias operaciones , que hizo en *París* , y en *Santo Domingo* ; pero juzgando , que estas no eran tampoco de la precision , que deseaba , se hallò obligado à repetir las observaciones : y como en todo el curso de nuestra obra , tanto de la medida de la Meridiana , como de las demàs experiencias , trabajamos siempre unanimes , me comunicò su idèa , para que ambos nos ocupassemos en ella , y se verificasse su exactitud.

Empleamos pues , para las observaciones las materias ,  
que se figuen.

1. La *Toesa* de hierro pulido de 8 lineas de ancho , y  $3\frac{1}{2}$  de grueso , la qual nos sirviò de medida fundamental para la de la Meridiana.

Una

<sup>a</sup> El Thermometro , de que habla *M. de Mairan* , igualmente , que aquel de que nos servimos en todas nuestras experiencias , es el construido segun los principios de *M. de Reaumur* , que se reducen , à que el volumen del Licor condensado por la frialdad de la congelacion del Agua , ò de la Nieve es de 1000 partes , ò medidas ; y el volumen del mismo Licor dilatado por el calor del Agua hirviendo es de 1080 de las mismas partes ; cada una de las quales es precisamente igual à un grado de la division del tubo.



2. Una media *Toesa* de azero de mediana qualidad, de 6 lineas de ancho, y tres de gruesso.
3. Una media *Toesa* de cobre batido de ocho lineas de ancho, y 3 de gruesso.
4. Una plancha de laton forjado, y pulido, sobre la qual marcamos media toesa: tenia 4 pulgadas de ancho, y media linea de gruesso.
5. Una media *Toesa* de laton fundido, batida, y pulida, de 6 lineas de ancho, y 2 de gruesso.
6. Un tubo de vidrio de 35 pulgadas, 2 lineas de diametro exterior, y 1 de diametro interior.
7. Un Pilar de piedra fillar, que era del Patio de una Casa.

#### I. Experiencia:

El dia 31 de Abril de 1740, en *Quito* à las 9<sup>h</sup> 45' de la mañana, designando el Thermometro de *M. de Reaumur* à la sombra 101  $3\frac{1}{2}$ , marcò *M. Godin* por dos puntos fixos una longitud de 36 pulgadas 8 lineas sobre la media *Toesa* de azero, y sobre la de cobre: y haviendo dexado el Compàs de dicha longitud à la sombra, como tambien otro de una toesa, tomada sobre la de arriba citada, expuso à el Sol èsta con las dos medias *Toesas*, y el Thermometro.

A medio dia, haviendose mantenido el tiempo bueno sin Nubes, ni Viento, y marcando el Thermometro 102  $9\frac{1}{3}$ , comparò las longitudes de las reglas con las de los Compases; y hallò la *Toesa* alargada 100 partes del Micrometro del Compàs, de las quales 234  $\frac{2}{3}$  valen una linea; la media *Toesa* de azero alargada 46 de las mismas partes; y la media *Toesa* de cobre alargada 82; lo que reducido à centavos de linea, como harè siempre, tendrèmos,

La



La <i>Toesa</i> de hierro alargada	42 $\frac{2}{3}$	} por 16 grados del Thermom.
media <i>Toesa</i> de azero	19 $\frac{2}{3}$	
cobre	35	

## II.

Dia 1 de Mayo à las 10<sup>h</sup> 15' de la mañana, marcando el Thermometro 1014 $\frac{1}{2}$ , tomè con el Compàs la longitud de la *Toesa*; y haviendolo dexado à la sombra, expuse al Sol la *Toesa*, y el Thermometro.

A las 11<sup>h</sup> marcando el Thermometro 1026, hallè la *Toesa* de hierro alargada 26 partes por 11 $\frac{4}{5}$  grados del Thermometro.

En el tiempo, que durò la experiencia, se interpusieron algunas Nubes, que no permitieron ciertamente, que la *Toesa* tomasse toda su extension; lo que quizàs no sucederìa al Thermometro, por ser èste mas sensible.

## III.

Dia 4 de mayo à las 9<sup>h</sup> 20' de la mañana, marcando el Thermometro 1013 $\frac{1}{2}$ , tomè con un Compàs la longitud de la *Toesa*; y con otro marquè 36 pulgadas 8 lineas sobre la media *Toesa* de azero, sobre la de cobre, y sobre la plancha de laton: y haviendo dexado los Compases à la sombra, expuse à el Sol las barras con el Thermometro; solo la plancha de laton no la expuse hasta las 10<sup>h</sup> 20', à cuyo tiempo el Thermometro estaba en todo su alto 1035 $\frac{1}{2}$ , en donde se mantuvo toda la hora restante.

A las 11<sup>h</sup> 20' marcando el Thermometro 1035 $\frac{1}{2}$ , y haviendose mantenido el tiempo sin Nubes, ni Viento, hallè,

La <i>Toesa</i> de hierro alargada	58 $\frac{1}{3}$	} por 22 grados del Thermom.
media <i>Toesa</i> de azero	29 $\frac{1}{4}$	
cobre	37 $\frac{1}{2}$	
La plancha de laton de media toesa	35	

## IV.



## IV.

Dia 1 de Junio à las 8<sup>h</sup> 30' de la mañana, estando el Thermometro en 1012, marcò *M. Godin* con un Compàs 35 pulgadas sobre el tubo de vidrio, sobre la media *Toesa* de azero, y sobre la de laton (n. 5); y haviendo dexado el Compàs à la sombra, expuso à el Sol las barras con el Thermometro.

A las 10<sup>h</sup> 50', marcando el Thermometro 1029, y haviendose mantenido el tiempo con poco Viento, y sin Nubes, hallò,

El tubo de vidrio alargado	5 $\frac{1}{2}$	} por 17 grados del Thermom.
La media <i>Toesa</i> de azero	19 $\frac{1}{3}$	
laton	34 $\frac{2}{3}$	

## V.

El dia 5 de Mayo à las 2<sup>h</sup> 15' de la tarde, marcando el Thermometro 1014, tomamos *M. Godin*, y yo con un Compàs la longitud de la *Toesa*, y con otro marcamos 36 pulgadas 8 lineas sobre la media *Toesa* de azero, y sobre la plancha de laton; y haviendo dexado los Compases à la sombra, pusimos las barras, y el Thermometro dentro de una Artesa llena de Nieve, endurecida, ò helada, de la que llevan del Cerro proximo de *Pichincha* diariamente à *Quito*; poniendo en el fondo de la Artesa, primero una capa de paja, y encima otra, que cubria la Nieve, y èsta las barras con mas de 8 pulgadas: solo lo alto del Thermometro estaba de fuera, por no poderse cubrir, à causa de no tener la Artesa suficiente profundidad.

A las 5<sup>h</sup> 15' sacamos los Metales de la Artesa, rompiendo la Nieve, que se havia unido, y endurecido como el hielo. El Thermometro marcò 995, pero juzgamos, que



que huviera marcado 994, si huviera estado todo cubierto de Nieve. Los Metales se havian enfriado de tal fuerte, que no se podian sufrir en la mano : los echamos encima algunas gotas de agua caliente, y al punto se quedaban he-  
ladas. Hallamos,

La <i>Toesa</i> comprimida	19 $\frac{2}{3}$	} por 20 grados del Thermometro.
media <i>Toesa</i> de azero	13 $\frac{2}{3}$	
cobre	18	

La plancha de laton de med. *Toesa* 21

Volvimos à las 5<sup>h</sup> 30' de la tarde à poner la *Toesa* dentro de la *Artesa*, y el Thermometro, con las mismas precauciones, con sola la diferencia, que el Thermometro quedò cerrado en su caxa; en cuya disposicion se mantuvo todo, hasta la una de la tarde del dia siguiente.

El Thermometro marcò siempre 1000, y la *Toesa* la hallamos en la misma longitud: esto es, haviendo perdido solo los 19  $\frac{2}{3}$  del dia antecedente. Discurremos, que si el Thermometro se huviera puesto abierto, como mas inmediato à la Nieve huviera baxado algo mas.

# VI.

El dia 7 de Enero de 1744 à las 9<sup>h</sup> 3' de la mañana, señalando el Thermometro 1014, marquè con un Compàs 30 pulgadas sobre el tubo de vidrio, y sobre uno de los Pilares del Patio, que mantienen la Casa, donde vivìa, y tiene de diametro 14 pulgadas, siendo de una piedra bien dura: y haviendo dexado el Compàs à la sombra, expuse al Sol el tubo de vidrio, y el Thermometro, al mismo tiempo, que empezó à dàr en el Pilar.

A las 11<sup>h</sup> 15' marcandò el Thermometro 1042, y haviendose mantenido el tiempo sin Nubes, ni Viento hallè,

El



El tubo de vidrio alargado  $8\frac{1}{2}$   
 Pilar de la Casa  $4\frac{2}{3}$  } por 28 grados del  
 Thermometro.

El Pilar por la parte , donde el Sol daba , estaba caliente , pero por la opuesta lo juzguè casi tan frio , como al principio de la experiencia ; por lo que parece evidente , que si se hubiera calentado igualmente , hiviera tomado una extension mucho mayor.

### Reduccion de las experiencias precedentes à una variacion de 10 grados en el Thermometro.

## I.

Centabos de linea.

La *Toesa* de hierro  $26\frac{2}{3}$  Efectos del mayor Calor  
 media *Toesa* de azero  $12\frac{1}{3}$  ò dilatacion.  
 cobre 22

## II.

La *Toesa* de hierro 22

## III.

La *Toesa* de hierro  $26\frac{1}{2}$   
 media *Toesa* de azero  $13\frac{1}{2}$   
 cobre 17  
 en plancha de lat. 16

## IV.

El tubo de vidrio de 35 pulg. 3  
 La media *Toesa* de azero  $11\frac{1}{3}$   
 laton  $20\frac{1}{2}$

## VI.

El tubo de vidrio de 30 pulg. 3  
 Pilar de la Casa  $1\frac{2}{3}$

V.



## VI.

La <i>Toesa</i> de hierro	10	Efectos del menor Calor,
media <i>Toesa</i> de azero	7	ò compression.
cobre	9	
en plancha de laton	10½	

En la tercera experiencia se notò, que la media *Toesa* de laton en plancha se puso al Sol una hora despues que las demàs, que estuvieron dos, à cuyo tiempo el Thermometro estaba en todo su alto de  $103\frac{1}{2}$ , en el que se mantuvo toda la hora restante: luego si el Sol hizo subir el Thermometro à dicha altura en la primera hora, con el grado de Calor  $103\frac{1}{2}$ , en la segunda si se huviesse expuesto otro Thermometro con la plancha de laton, huviera subido con el mismo grado de Calor (pues se mantuvo el Sol sin aumentarle) tambien à  $103\frac{1}{2}$ ; y assi los 16 asignados de la plancha de laton, corresponden igualmente à los  $103\frac{1}{2}$  del Thermometro: sin embargo, como la plancha se expuso al Sol una hora despues, que los demàs Metales, hay lugar de creer, que no tomò toda la extension, que huviera tenido, à haverse expuesto desde el primer instante; pero juzgo, que no huviera tomado dupla extension, si huviera estado duplo tiempo al Sol; porque teniendo los Metales su limite de extension, à cada grado limitado de Calor, del qual no excederàn, aunque estèn expuestos à èste mucho mas tiempo, que el necessario para que adquieran el limite, no pueden dexar de extenderse con menos fuerza, al principio de su extension, que al fin: segun esto la extension de la media *Toesa* de laton en plancha, será mayor que 16, y menor que 32; puede ser tomar por no ir muy lexos de la verdad el medio 24.



La segunda experiencia es claro ser defectuosa , à causa de las Nubes , que interrumpieron la observacion.

En la primera , tercera , y quarta experiencia convienen muy bien las variaciones del hierro ; lo que concluye , que los Metales varían proporcionalmente à los grados de Calor del Thermometro, ò à lo menos entre los experimentados : pues de lo contrario la primera , y tercera experiencia debían dàr cantidades distintas ; en cuya suposicion las asignadas para cada 10 grados son ciertas ; y tomando un medio , se puede decir , que desde el grado medio del Thermometro 1013 , hasta el grado de mas Calor , que indicare subiendo el licor del Thermometro , las barras de las dimensiones , y circunstancias enunciadas , se dilatan lo que expresa la tabla, que se sigue, por cada 10 grados.

La Toesa de hierro	26 $\frac{1}{2}$
mitad de ella	13 $\frac{1}{4}$
media Toesa de azero	12 $\frac{1}{3}$
de cobre	19 $\frac{1}{2}$
en plancha de laton	24
en barra de laton	20
de vidrio	3 $\frac{1}{4}$
de piedra sillar	2

La experiencia quinta no conviene con las otras ; por cuyo motivo parece , que las variaciones , contra lo que diximos antecedentemente , no deben ser proporcionales à los grados de Calor , y Frio del Thermometro : pero lo mas verisimil es , que los Metales tienen mas facilidad en dilatarse , que en comprimirse ; y asì no se debe confundir lo uno con lo otro , tomando un medio entre las experiencias hechas de dilatacion , y compresion ; sino asignar un termino medio tal como 1013 , ò 1012 en el Thermome-



metro de *M. de Reaumur*, y establecer una tabla, como la precedente para las dilataciones, ò aumentos de Calor desde dicho termino; y otra como la de la experiencia quinta, para las compresiones, ò diminuciones de Calor, que es lo mismo, que aumentacion de Frio.

Es preciso notar, que en experiencias semejantes, los Metales se deben dilatar, ò comprimir segun sus gruesos, pues la barra mas corpulenta necesita mas tiempo, para que sea penetrada del efecto del Frio, ò Calor, que la delgada, ò debíl; cuya consideracion me hace reflexionar, que la piedra se debe dilatar mucho mas de lo expuesto en la tabla; pues à el Pilar, en que se hizo la experiencia, no pudo penetrarle el Sol arriba de una, ò dos pulgadas en el corto tiempo, en que estuvo expuesto à sus rayos: y es muy verisimil, que las particulas internas, y frias de la Piedra, ò Metal impidan à las externas el tomar toda su extension.

Pudieran estas experiencias extenderse mucho mas, empleando Metales, y otras materias de varias especies, en barras de las mismas dimensiones, y despues en otras de grueso duplo, triplo, &c. de las primeras: y asimismo examinando otras mas, ò menos batidas, y sólidas; pues en ambos casos se hallarà ciertamente diferencia: lo que quedará à la investigacion curiosa de alguno, que quiera aplicarse à su especulacion, teniendo lo suficiente nosotros con las experiencias antecedentemente expresas, pues no pretendiamos mas que saber las variaciones de la *Toesa*, con que executamos las observaciones, para reducir las medidas à un temperamento asignado.

Parece, que es el vidrio el menos sensible en esta variacion; por cuyo motivo fuera bueno servirse de el para

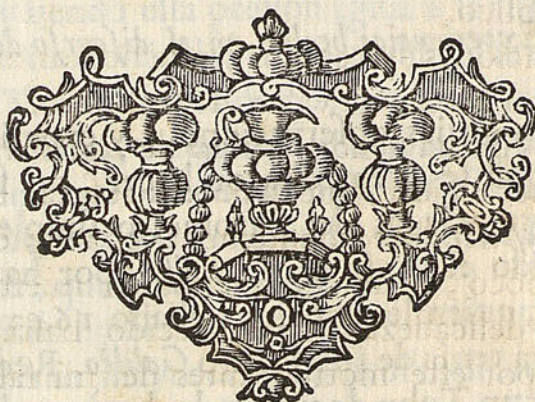


los Fieles , ò medidas principales , pues con esso se conseguirà la mayor justificacion ; esto se entiende en las medidas , que no piden tanta exactitud , como las nuestras ; pues en las de este genero siempre serà preciso , quando se vaya à sacar un tanto del Fiel , llevar el Thermometro , para notar el grado de Calor , que asignare ; como lo hizo *M. Godin* en *París* , quando marcò la *Toesa* de que nos servimos , à cuyo tiempo estuvo el Thermometro de *M. de Reaumur* à 1013 , que es nuestro grado medio , que antes citamos , y al que reduciremos las medidas , para que convengan con la *Toesa* del *Chastelet de París* , que es la que està expuesta al publico.

Las atenciones , y reparos , que hemos anotado , solo fueran utiles à los que se valen de la *Toesa* de *París* en sus medidas , y esso habiendo tenido de antemano al sacarla la misma precaucion , que *M. Godin* al sacar la suya dicha de la del *Chastelet* antecedentemente citada ; de lo qual se encontrará poco , y mucho menos en nuestros Reynos , donde estas delicadezas han parecido hasta el presente excessivas : por este motivo antes de mi salida de *Quito* procurè traer con migo un tanto de la *Toesa* de *M. Godin* , que nos sirviò en todas nuestras medidas , sacandola sobre una barra de hierro , y poniendole por terminos dos puntos muy delicados , en tiempo que el Thermometro señalaba 1013. Ademàs de esto à mi llegada à esta Corte comparè mi *Toesa* con la Vara , que el Consejo Real de Castilla entrega al *Fiel Almotacen* , que se reduce à una barra de hierro , terminada por dos dientes , que se levantan sobre ella perpendicularmente , los quales contienen la Vara de Castilla , de que nos servimos diariamente : hice este examen tambien al tiempo , que el  
Ther-



Thermometro señalaba 1013; y hallè, que dicha Vara contenìa 30 pulgadas, y 11 lineas de mi *Toesa*: de donde se concluye, que el *Piè de Rey de Paris* sexta parte de la *Toesa* es à la Vara de Castilla como 144 à 371; cuya proporcion nos puede servir para reducir las medidas, que hicimos con la *Toesa* à Varas Castellanas; y para que, conservando una Vara bien terminada, podamos valernos de ella, como de la *Toesa* en Francia.







## LIBRO V.

De las Experiencias del Barometro simple,  
de las quales se deduce la ley de la dilata-  
cion del Ayre, y el methodo de hallar  
la altura de los Montes.

## CAPITULO I.

*De las Experiencias hechas en el discurso del Viage.*

a Fig. 3  
Lam. 3

ENTRE las varias observaciones, y experiencias phisicas, que se premeditaron hacer, no fueron las de menor importancia las del Barometro simple, ò de otra suerte llamado el *Tubo de Toricelli*, por haver sido este Philosopho, quien le perficionò el año 1643, con las noticias, que yà tenía de su Maestro *Galilèo*. Reduse este Instrumento <sup>a</sup> à un Tubo de vidrio de dos à tres lineas de diametro exterior, y una à dos de interior, con 30 à 36 pulgadas del piè de *Paris* de largo, tapado, ò soldado por el un extremo, y abierto por el otro: el qual ha servido para darnos luz de la famosa, y primera propiedad del Ayre, que es el ser pesado; pues llenando el Tubo de Mercurio, ò Azogue, y tapando con el dedo el extremo abierto, si se sumerge este en un Vaso, ò Taza, que tambien estè llena del Mercurio mismo, no se vacia el del Tubo totalmente; antes bien, queda elevado sobre el nivèl del Vaso à 28, ò menos pulgadas: cuyo efecto, han atribuido muy razonable-



blemente los Phisicos à la gravedad del Ayre, que pesando sobre el Mercurio de la Taza, equipondera, al que està elevado en el Tubo. No me detendré en defender esta opinion, pues estando demonstrada la gravedad del Ayre mas solidamente por otras experiencias <sup>a</sup> no parece, que havrà dificultad en admitirla, como lo han hecho todos los Philosophos modernos, que quieren darse à la razon.

La altura pues del Mercurio en el Barometro debe ser proporcional à la gravedad, ò presion, que actúa sobre el Mercurio de la Taza la columna de Ayre, que del grueso de esta, y sobre ella, se eleva hasta lo mas alto de la Atmosphera: y siendo esta presion igual à la fuerza, con que en virtud de su elasticidad intenta dilatarse el Ayre, que circunda la Taza, à causa de que por la tercera ley de movimiento la accion, y reaccion deben ser iguales; la altura del Mercurio en el Barometro debe ser asimismo proporcional à la fuerza, con que por su elasticidad intenta dilatarse el Ayre, que circunda la Taza.

De aquí se sigue, que las alturas del Mercurio en el Barometro serán mayores en las profundidades, y valles, que en las eminencias, ò montes, à causa, que en las primeras es mayor la columna de Ayre, que gravita sobre la Taza, que en las segundas: y que dichas alturas del Mercurio deben guardar cierta relacion con las alturas de los parages donde se hicieren las experiencias: y así estas nos pueden dàr à conocer aquèllas; ò por el contrario, las alturas del Mercurio en el Barometro nos pueden dàr à conocer las alturas de los parages, donde se hicieren las experiencias.

Tam-

<sup>a</sup> *Memorias de la Academia de las Ciencias de París* año 1687. *Leçons de Physique experimentale* del Abate Nollet, tomo 3, pag. 188. *Philosophicas Transacciones*, ò *Memorias de la Real Academia de Londres*. Num. 305.



Tambien se sigue , que las mismas alturas del Mercurio se deben alterar por la mayor , ò menor elasticidad del Ayre : y aumentando èsta por el mayor , ò menor grado de calor , que reyna en la Atmosphera , segun se ha probado por repetidas experiencias , se sigue , que en un mismo parage debe variar la altura del Mercurio en el Barometro , segun variare el grado de calor , ò frio.

Otros varios accidentes alteran del mismo modo la altura del Mercurio en el Barometro, en un mismo lugar; como son las materias distintas heterogeneas, que se esparcen por la Atmosphera , y alteran , segun su mayor , ò menor porcion, su gravedad; los distintos Vientos, que reynan; las varias calidades de Mercurio ; y el estàr èste mas , ò menos purgado ; todo lo qual se explica ampliamente en varios Autores , donde se podrà vèr , pues aquí nos es suficiente advertir , y dàr à entender , que tuvimos presentes las calidades , que deben tener las observaciones , y las alteraciones , que pueden sobrevenirles , para que con esso pueda juzgar el Lector de la exactitud de nuestras experiencias.

Estas se emprendieron , por el examen de dos curiosidades , que agitaban à muchos de los Philosophos , y para cuya decission pocas veces havrà la comodidad , que lograbamos nosotros , por la estancia en aquellos Países : era la primera , si el Mercurio se mantenía en la Zona Torrida à el nivèl del Mar mas baxo , que en los Países del Norte, como lo creían muchos Phisicos : y la segunda , si las diferencias de alturas de dicho Mercurio , que en un mismo parage se experimentan , y proceden de las causas , que se dieron antecedentemente, eran allí menores, que en Europa: pues de lo primero se deduxera, que la Atmosphera sería menos grave en la Zona Torrida, que en la Templada: y de lo



lo segundo, que sus diferencias, ò alteraciones en peso serian menos sensibles en aquella Zona, que en èsta.

Antes de su llegada à la *Martinica*, intentò *M. Godin*, hacer dichas experiencias en el Mar, abordo del Navio en que passò de Europa à la America: pero sea por la poca comodidad, que se tiene en la Navegacion, ò por el movimiento continuo del Navio, no le salieron las experiencias justificadas.

En sus estaciones en la *Martinica*, y *Santo Domingo*, executò algunas en la *Montaña pelada*, y en el *Petit-Goave*; cuyas observaciones me comunicò: y à su llegada à *Cartagena* tratamos de hacer lo propio en el *Cerro de la Popa*; pero el Mercurio, que nos diò el *Factor* Inglés para ello, no estaba bien purgado, y así hizo, que se malograssen las observaciones.

En *Portobelo*, y *Chagres* se repitieron algunas à la orilla del Mar, como tambien en *Panamà*, para assegurarnos de estas alturas, y examinar, si podiamos distinguir alguna diferencia en la elevacion de los dos Mares, que aseguraban mucho los Patricios, aunque sin fundamento.

El *Cerro del Ancon* de *Panamà* nos sirviò tambien para el efecto; y despues prosiguiendo el Viage, se examinaba todas las veces, que el tiempo, y lugar lo permitian; como en *Manta*, *Guayaquil*, y otros parages: en fin à nuestro arribo à *Quito*, fuè quando mas experiencias se executaron, por ser el parage proprio para ello; pues se hallan Cerros muy eminentes, en los quales los yerros del Barometro se manifiestan mucho mas.

Ademàs de los motivos arriba dichos, que nos obligaron à emprender las experiencias del Barometro, se nos agregó otro particular, y fuè, que la disposicion de los



Montes, y Bosques del Reyno de *Quito* es tal, que se nos hacia muy difícil, y costoso el ligar los triangulos de la Meridiana con el Mar, para por ello concluir las alturas de los Montes sobre su superficie, y reducir la medida de la Meridiana à la altura, ò nivèl del Mar, como lo harèmos en el Libro 7: y asì resolvimos deducir dicha altura por el Barometro; pues aunque el methodo no sea muy exacto, como el yerro, que se puede cometer, es muy corto, fuè preciso valernos de èl, no presentando la incomodidad del terreno otro mas adecuado.

Algunas de las experiencias, que *M. Godin* me comunicò, son las que se figuen.

Experiencias del Barometro simple hechas en *San Luis*, y en el *Petit-Goave* en la Isla de *Santo Domingo*.

1735 Julio 1, en el <i>Fuerte Real</i> 10 toefas sobre el Mar	p	l	p. <sup>a</sup>
	27	02	03 <sup>a</sup>
13, en <i>S. Luis</i> 1 toefa sobre el Mar		09	02 <sup>a</sup>
247 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> toefas mas alto	26	03	01 <sup>a</sup> / <sub>2</sub>
15 1 toefa sobre el Mar	27	09	05 <sup>a</sup> / <sub>2</sub>
Agoſto 24, en el <i>Petit-Goave</i> 550 toefas sobre el Mar	24	11	10
25, en el mismo parage			06
463 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> toefas sobre el Mar	25	04	10
339 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	26	00	04
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	28	00	00
30, en el mismo parage	27	11	06.

En

<sup>a</sup> La primera columna contiene las pulgadas, la segunda las lineas, y la tercera los dozavos de linea, ò puntos del *piè de Rey de Paris*, à que se mantuvo el Mercurio en el Barometro simple.



En las experiencias, que hizo en la *Martinica* encontró el Mercurio à la orilla del Mar mucho mas baxo. Las observaciones, que en el resto del Viage hicimos juntamente con *Don Antonio de Ulloa*, son las que se figuen.

Experiencias del Barometro simple hechas en *Portobelo*, *Panamà*, y Reyno de *Quito*.

1735	Diciem. 7,	en <i>Portobelo</i> 1 toesa sobre el Mar	p	i	p.
			27	11	07
	22,	en la Aduana de <i>Chagres</i> à la orilla del Mar		11	07
	23,	en el Rio de <i>Chagres</i> 1 toesa sobre el Mar		11	05
	28,	en la orilla del Rio en <i>Cruzes</i>		09	00
1736	Enero 4,	en <i>Panamà</i> 1 toesa sobre el Mar		11	07
		en la cumbre del <i>Cerro del Ancòn</i>		04	07
	Marzo 10,	en <i>Manta</i> à la orilla del Mar		11	06
	Abril,	en <i>Guayaquil</i> 2 toesas sobre el Rio		10	00
	Mayo 16,	en <i>Tarigagua</i> , en el camino de la Bodega de <i>Babahoyo</i> à <i>Guaranda</i>		25	00 01
	17,	en <i>Guamac-Cruz</i> en el mismo camino		22	01 02
	En <i>Quito</i>	medio entre todas las observaciones de <i>M. Godin</i>		20	01 00
	Noviem. 17,	en <i>Carabùru</i> , extremo septentrional de la Base, medida en llano de <i>Yaruquí</i>		21	03 03
	13,	en <i>Oyambaro</i> , extremo meridional de la misma Base		20	07 09
	Septiem. 26,	en el Pueblo de <i>Yaruquí</i>		08	10
		O 2			Las



Las experiencias , que se siguen , las hicimos *M. Godin*, y yo con otra precaucion ; pues como es difícil , el juzgar en la Taza , ò Vaso donde està el Barometro , quando la linea cero de la division en el Barometro està à nivèl con el Mercurio , por hacer èste una curva à su contacto con el Instrumento ; aplicò *M. Godin* una media dama sobre el Mercurio , y contra el Instrumento , la qual señalaba la division con mucha mas exactitud. Pero por motivo de la dicha curva , havìa , de las observaciones hechas con la dama à las otras,  $1\frac{1}{8}$  lineas de diferencia ; que añadidas , para que estas experiencias correspondan à las antecedentes , serán,

	p	l	p.
1737 Agost. 22, en Carabùru	21	03	03
25, en Oyambaro	20	07	09
31, en Pambamarca , una toefa mas baxo que la Señal , que pusimos en aquel Cerro, que sirviò para medir la Meridiana.	17	03	04
Septiem. 7, en la Señal de Tanlagua	18	09	09
en la Hacienda de Tanlagua	20	11	02
1738 Octubre, en Riobamba medio entre to- das las experiencias	19	01	03
1739 Marzo , en Alausi medio entre todas las experiencias	21	01	03
Abril , en la Señal de Chufay el mis- mo medio	17	10	00
Septiem. en Cuenca el mismo medio	20	07	06

*Don Antonio de Ulloa* hizo con *M. M. Bouguer* y la *Condamine* las experiencias , que se siguen.

1737 Agost.



1737	Agost. 16,	en la cumbre del Cerro	p	l	p.
		<i>Pichincha</i>	15	11	00
	Septiem. en	<i>Quito</i>	20	00	06
	Diciem. 23,	en <i>Oyambaro</i>		07	06
1738	Enero 24,	en <i>Caraburu</i>	21	03	03
	Febrero 3,	en <i>Pambamarca</i>	17	03	10
	Marzo 26,	en <i>Pucaguicu</i> , al piè de la			
		nieve del Cerro <i>Cotopacsi</i>	16	05	04
	Julio 16,	en el <i>Corazon</i> , 8 toefas mas			
		baxo, que la Señal	16	09	05
	Mayo 2,	en <i>Sinasaguan</i>	16	02	09
		16, en <i>Cañar</i>	19	05	00

Las diferencias de alturas del Mercurio en el Barometro de un dia à otro en un mismo sitio, en distintos tiempos, se observaron conforme à la tabla, que se sigue.

En el *Petit-Goave*  $2\frac{1}{6}$  lineas

*Guayaquil*  $1\frac{1}{4}$

*Quito* 1

*Riobamba*  $\frac{17}{20}$

*Alausi*  $1\frac{1}{30}$

*Chusay*  $\frac{7}{8}$

En esta se vè, que quanto mas elevadas, se hacian las experiencias, menos sensibles se encontraban las diferencias; pues que *Alausi* està mas alto que *Guayaquil*; *Quito* mas alto que *Alausi*; y *Riobamba*, y *Chusay* mas altos que *Quito*: y asimismo, que las mismas diferencias son mucho menores en la Zona Torrida, que en Europa; puesto que se han hallado estas en *Paris* de ordinario de dos, y mas pulgadas. De donde se sigue, que la alteracion en peso de la Atmosphera es menos sensible en las cercanias del Equador, que en mayores Latitudes: y menos en las cumbres de



de los Cerros , que en los Valles , y profundidades. Tambien se sigue , que las experiencias del Barometro en las cercanías del Equador à la orilla del Mar se pueden obtener exactas à  $1\frac{1}{4}$  lineas de diferencia : y en la Latitud del *Petit-Goave* à  $2\frac{1}{6}$  lineas : por lo qual las alturas de los Montes , ò Cerros halladas por este medio , no pueden tener de yerro , mas que el que procediere de estas diferencias : y haviendose dicho , que son menos sensibles en las cercanías del Equador , que en mayores Latitudes ; las alturas de los Montes , ò Cerros se obtendrán por las experiencias del Barometro con mucha mas exactitud en las cercanías del Equador , que en mayores Latitudes.

El mayor numero de experiencias , hechas à la orilla del Mar , manifiestan , mantenerse el Mercurio à 27 pulgadas  $11\frac{1}{2}$  lineas ; à cuya altura debemos arreglarnos : pues aunque las hechas en *San Luis* , la den mucho menor , provendrá de alguna particularidad del Mercurio , ò mala observacion : respeto , que las del *Petit-Goave* , *Portobelo* , *Chagres* , *Panamà* , y *Manta* convienen todas à corta diferencia con el mismo numero asignado : y como en Europa se mantenga el Mercurio , segun las mas observaciones à 28 pulgadas , podemos creer , que se mantiene à la orilla del Mar tanto en Europa como en la America à la misma altura : y aunque algunos lo dudaron por algunas particulares experiencias , es muy dable , que en éstas no se hallassen sus Barometros igualmente divididos , que el nuestro ; pues es cierto , que por mas exactitud , que se guarde , jamás convendrán las divisiones hechas por varios , à menos , que en reciproca correspondencia , no procuren atender à los reparos , hechos en el Libro antecedente : ademàs , que muchos hacen sus experiencias , sin examinar antes las di-



visiones , que hizo en el Instrumento el Operario, las quales rara vez se encuentran exactas.

De esto se concluye , que la Atmosphaera pesa igualmente en Europa , y America ; y que la duda , en que se hallaban en *Portobelo* , y *Panamà* , de si los Mares del Norte , y Sur estàn , ò no à una misma altura , no fuè fundada sobre experiencias , ni leyes de Estatica.

## CAPITULO II.

### *Sobre la ley de la dilatacion del Ayre.*

EN las *Memorias de la Real Academia de las Ciencias de París* se hallan varias experiencias , hechas por *M. Mariotte* , por donde se concluye , que el Ayre se dilata en aquella Region , en razon inversa de los pesos, que le oprimen ; lo que tambien concluyò en *Inglaterra* *M. Boyle* : y aunque la mera suposicion de formarse el Ayre de globulitos perfectamente elasticos , è infinitamente pequeños, bastaría para admitir generalmente esta ley ; no obstante, se hicieron tambien algunas experiencias , que la acreditaron igualmente en la Zona Torrida.

El dia 31 de Agosto de 1737 estando en el Cerro de *Pambamarca* *M. Godin* , y yo , con un Barometro simple, cuyo Tubo tenia 31 pulgadas justas de largo , le llenamos algunas veces de Mercurio , menos una cierta cantidad, que le dexamos de vacío , ò Ayre grossero ; y tapandole bien con el dedo la boca , le trastornamos suavemente en una Taza , ò vidrio medio lleno de Mercurio , y anotamos la altura , à que quedò el del Barometro.



Experiencias.	Altura que se dexò de Ayre groffero en el Tubo.		Lo q se ahondò el Tubo en el Mercurio de la Taza.		Altura à que quedò el Mercurio en el Barometro.	
	pulg.	lin.	pulg.	lin.	pulg.	lin.
1.	00	00			17	03 $\frac{1}{3}$
2	05	10 $\frac{2}{3}$	00	07	12	01 $\frac{5}{8}$
3	10	04	00	07	09	01 $\frac{1}{2}$
4	15	07	00	09 $\frac{3}{4}$	06	05 $\frac{1}{8}$

Para examinar , si estas experiencias convienen , con la ley asignada por *M. Mariotte* , se harà atencion , à que el Ayre groffero , que se dexaba en el Tubo , luego que se trastornaba este , passaba à ocupar el lugar superior ; y vaciandose parte del Mercurio , ( en todo el lugar , que ocupaba este ) se dilataba el Ayre. Es pues preciso segun *M. Mariotte* , que el lugar , que ocupò este Ayre , en su estado primero , sea al que ocupò , haviendose dilatado , como el peso , que le oprimia en esta ultima ocasion , al peso , que le oprimia en la primera. El peso , que oprimia al Ayre en la primera , era el de toda la Atmosphera , que es igual , por lo que se dixo en la pagina 103 al peso del Mercurio , que queda en el Barometro , quando se hace la experiencia sin dexar Ayre ninguno groffero en el Tubo , en este caso igual à 17 pulgadas 03  $\frac{1}{3}$  lineas : y el peso , que le oprimia en la segunda , era el de la misma columna de Mercurio , disminuida de aquella , que quedò suspendida en el Barometro , quando se hizo la experiencia dexando Ayre groffero ; porque es cierto , que la presion del Ayre dilatado , mas la que hacia el Mercurio , que quedò suspendido en el Tubo , quando se hacia la experiencia , debe ser igual à la presion , ò peso de toda la Atmosphera.

Estas



Estas reflexiones dàn el methodo de calcular la altura, à que debe quedar el Mercurio en el Barometro, supuesta la cantidad de Ayre grossero, que se dexa en el Tubo, y ley de *M. Mariotte*; con que para examinar si èsta conviene con las experiencias, no hay mas, que hacer el calculo, y confrontar las alturas, que èste diere, con las expuestas en la coluna quarta; las quales siendo unas mismas se acreditarà dicha ley.

Sean pues,

$l$  = à la longitud del Tubo, que quedò fuera del Mercurio de la Taza, quando se hizo la experiencia.

$a$  = à la cantidad de Ayre grossero dexado.

$f$  = à la fuerza total, con que està oprimido el Ayre, con el peso de toda la Atmosphaera.

$x$  = à la altura donde quedò el Mercurio suspendido.

$y$  = à el espacio, que ocupaba el Ayre estando dilatado.

con lo qual, y lo dicho antecedentemente seràn ademàs,

$$x + y = l$$

$$f = \text{à } 17 \text{ pulgadas } 02 \frac{1}{2} \text{ lineas.}$$

$f - x$  = à la fuerza con que estava opreso el Ayre dilatado.

Segun *M. Mariotte* deben ser  $y : a = f : f - x$ ; luego  $fy - xy = af$ : ademàs por lo establecido son  $x + y = l$ ; luego  $x = l - y$ .

Substituyase este valor de  $x$  en la primera equacion, y se tendrà  $y^2 + fy - ly = af$ ; que suponiendo  $l - f = b$ , se reducirà à  $y^2 - by = af$ ; de donde se deduce  $y = \frac{1}{2} b \pm (af + \frac{1}{4} b^2)^{\frac{1}{2}}$ . Substituyase afsimismo este valor de  $y$  en la equacion  $x = l - y$ , y tendrémos  $x = l - \frac{1}{2} b \pm (af + \frac{1}{4} b^2)^{\frac{1}{2}}$ , que es la formula para hallar las alturas donde debiò quedar el Mercurio segun *M. Mariotte*.



En la segunda experiencia son,  
 $l = 31$  pulgadas menos 7 líneas = 30 05  
 $a = 05$  10 $\frac{2}{3}$   
 $f = 17$  03 $\frac{1}{3}$   
 $b = 13$  01 $\frac{2}{3}$   
 $\frac{1}{2}b = 06$  06 $\frac{5}{6}$   
 $\frac{1}{4}b^2 = 43$  02—  
 $af = 101$  09—  
 $(af + \frac{1}{4}b^2)^{\frac{1}{2}} = 12$  00  
 $\frac{1}{2}b + (af + \frac{1}{4}b^2)^{\frac{1}{2}} = 18$  06 $\frac{1}{6} = y$ ; luego  
 $x = 11$  10 $\frac{1}{6}$ , menor que  
 en la experiencia de 3 $\frac{1}{2}$  líneas. Del mismo modo se dedu-  
 ciràn los valores de  $x$  en las experiencias tercera, y quar-  
 ta, que son,

	Por la Ex- periencia	Segun M. Mariotte		Segun las Experiencias		Diferen- cias. lineas.
		pulg.	lin.	pulg.	lin.	
Valores de $x$ ...	2	11	10 $\frac{1}{6}$	12	01 $\frac{5}{8}$	3 $\frac{1}{2}$
	3	08	11 $\frac{1}{2}$	09	01 $\frac{1}{2}$	2
	4	06	00 $\frac{3}{4}$	06	05 $\frac{1}{8}$	4 $\frac{3}{8}$

La columna quarta contiene las diferencias, que se ha-  
 llan, entre las experiencias, y lo que se concluye por la  
 ley de M. Mariotte; pero tales quales se vèn, son aun mu-  
 cho menores de lo que se debe esperar en la practica: pues  
 por poco que el Tubo de vidrio sea mas angosto, ò estre-  
 cho àcia el extremo abierto, se seguirá el efecto de quedar  
 el Mercurio mas alto en las experiencias, que lo que la ley  
 diere, conforme à lo que nos ha sucedido; y si se añade  
 ademàs à esto las desigualdades interiores del mismo Tu-  
 bo,



bo, y las materias heterogeneas, que se esparcen por el Ayre, todo lo qual es inevitable en la practica, cómo no hemos de esperar diferencias considerables? debémos pues assentir, à que se conforman las experiencias con la theorica, y que el Ayre se dilata en la Zona Torrida, igualmente, que en la templada en razon inversa de los pesos, que le oprimen.

Esto establecido, las dilataciones del Ayre, à las varias alturas de la Atmosphera, se pueden expressar, como lo hizo *M. Halley* <sup>a</sup>, por las ordenadas de una hyperbole entre sus asyptotas; pues estas son en razon inversa de sus abscesses correspondientes; quienes en este caso representarán las distintas gravedades de la Atmosphera, ò alturas del Mercurio en el Barometro: porque siendo,

$a$  = à una altura del Mercurio en el Barometro

$b$  = à la dilatacion del Ayre en el parage donde se mantuvo el Mercurio à aquella altura

$x$  = à otra altura del Mercurio en el Barometro

$z$  = à la dilatacion del Ayre, que le corresponde; tendrémolos segun *M. Mariotte*  $a : x = z : b$ , y esta equacion de una hyperbole entre sus asyptotas  $xz = ab$ .

Si se describe pues una hyperbole CEFL <sup>b</sup> entre sus asyptotas GA, AB; y de A como origen se toman àcia B los abscesses  $x$  iguales à las alturas del Mercurio en el Barometro, sus ordenadas correspondientes BC, DE, KF iguales à las  $y$ , representarán las varias dilataciones del Ayre en los parages de la Atmosphera, donde el Mercurio se mantendrá à las alturas antecedentes: y como, quando es la altura del Mercurio en el Barometro  $x = 0$ , es su orde-

b Fig. 5  
Lam. 3

na-

<sup>a</sup> Philosophicas Transactiones, ò Memorias de la Real Academia de Londres N. 181, año 1686.



nada correspondiente  $y = \infty$ , se sigue, que el Ayre se debe dilatar segun esta ley al infinito: y al contrario, como para que sea  $y = 0$ , debe ser  $x = \infty$ , se sigue tambien, que para que el Ayre se comprima al infinito, necesita, de una altura del Mercurio infinita, ò lo que es lo mismo de un peso infinito.

Algunos Authores pretenden, que no se puede extender dicha ley hasta estos grados extremos, à causa de que no se puede concebir, y no se conoce cuerpo elastico, que se comprima al infinito; pero no me detendré en defender la generalidad de la regla, porque parece que fuera solo mera especulacion; el que quisiere hacerse cargo de ella, la hallará en la Areometría de *Christiano Wolfio* § 76.

### COROLARIO.

Siendo las densidades del Ayre en razon inversa de sus dilataciones, serán aquéllas como los pesos, que le oprimen, ò como las alturas del Mercurio en el Barometro: y haviendose dicho en la pagina 103, que estas son tambien como las fuerzas elasticas, se sigue, que las alturas del Mercurio en el Barometro, las densidades, y las fuerzas elasticas del Ayre estarán siempre entre sí en una misma razon directa: por lo qual, lo que se ha dicho, y dirá de las alturas del Mercurio en el Barometro, se puede entender igualmente de las densidades, y fuerzas elasticas del Ayre: esto es, en la hyperbole CEFL, los abscissas  $x$  pueden representar indiferentemente las alturas del Mercurio en el Barometro, las densidades, ò las fuerzas elasticas del Ayre, representando las ordenadas correspondientes  $y$  sus dilataciones.



M. Bouguer en su *Essai sur la Gradation de la Lumiere* pag. 153, fundado en el mismo principio de M. Mariotte halla, que las dilataciones del Ayre à las varias alturas de la Atmosphera se pueden expressar por las ordenadas de la Curva Logarithmica, representando los Abscisses correspondientes, las mismas alturas de la Atmosphera: pero siendo lo mismo, que representarlas por la hyperbole para el fin à que aspiramos, no hago mas, que citar el segundo modo en que se pueden expressar.

## CAPITULO III.

*En que se dà el modo de hallar la altura de los Montes, ò Cerros por las experiencias del Barometro.*

Supongase dividida la altura de la Atmosphera en varias capas, que los Latinos llaman *stratas* infinitamente pequeñas, cada una de las quales sea de igual gravedad, ò lo que es lo mismo de igual fuerza elastica; y por lo dicho en el Corolario antecedente sus alturas, ò dilataciones feràn en razon inversa de aquellas fuerzas, ò de las alturas del Mercurio en el Barometro: esto es, si la primera capa en la superficie del Mar, donde el Mercurio se mantiene à 28 pulgadas, es de una pulgada de alto, igual à la ordenada BC, la capa, donde el Mercurio se mantiene à 14 pulgadas, será de dos pulgadas de alto, igual à la ordenada DE, y asì de las demàs, procediendo de fuerte, que la ultima por sì sola llegará à ser infinita.

La suma pues de todas las alturas de las capas, ò de las ordenadas contenidas entre dos puntos desigualmente distantes de la superficie del Mar, será la razon de la elevacion



cion de un punto sobre otro : esto es, el area como BCED, contenida entre las ordenadas BC, DE, exprimirà la razon de las eminencias de los puntos, donde el Mercurio se quedò à las alturas AB, AD.

Con esto , si se tienen quatro experiencias del Barometro hechas à distintas alturas , en la primera de las quales quedò por exemplo el Mercurio à la altura AB, en la segunda à AH, en la tercera à AD, y en la quarta à AK, la altura de la estacion segunda sobre la primera , serà à la altura de la quarta sobre la tercera , como el area BCIH al area DEFK : y asimismo la altura de la estacion segunda sobre la primera , serà à la altura de la tercera sobre la primera, como el area BCIH, al area BCED &c.

Por medio pues de la quadratura de los espacios hyperbolicos entre las asyptotas , podemos adquirir la razon, en que se hallan las alturas , ò eminencias , donde se hicieron las experiencias del Barometro ; para lo qual es necesario valerse de las séries infinitas , cuyas operaciones son algo dilatadas : pero atendiendo à lo que es tan sabido de los Geometras, y no serà necesario demonstrar aqui, que dichos espacios son los Logarithmos de las razones de las mismas alturas , donde quedò el Mercurio en el Barometro , facilitamos el metodo de deducir la razon de las varias eminencias , donde se hicieron dichas experiencias, que nos darà qualquiera tabla de Logarithmos.

Sean pues

$a$  = à la altura del Mercurio en el Barometro en el primer sitio, ò estacion.

$b$  = à la de la segunda.

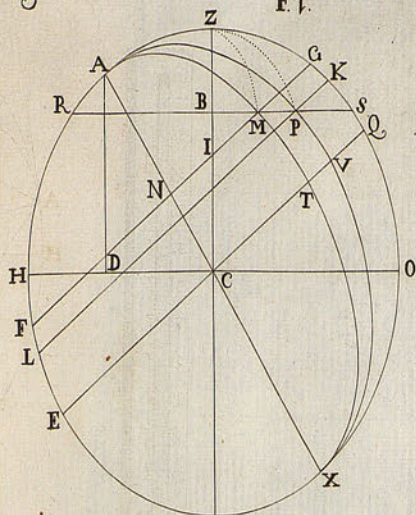
$c$  = à la de la tercera.

$d$  = à la de la quarta.

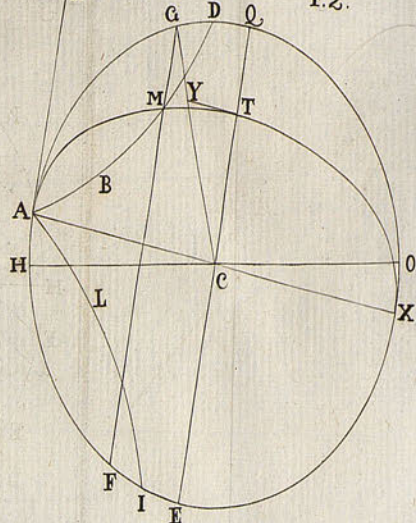
$A$  = à



F.1.



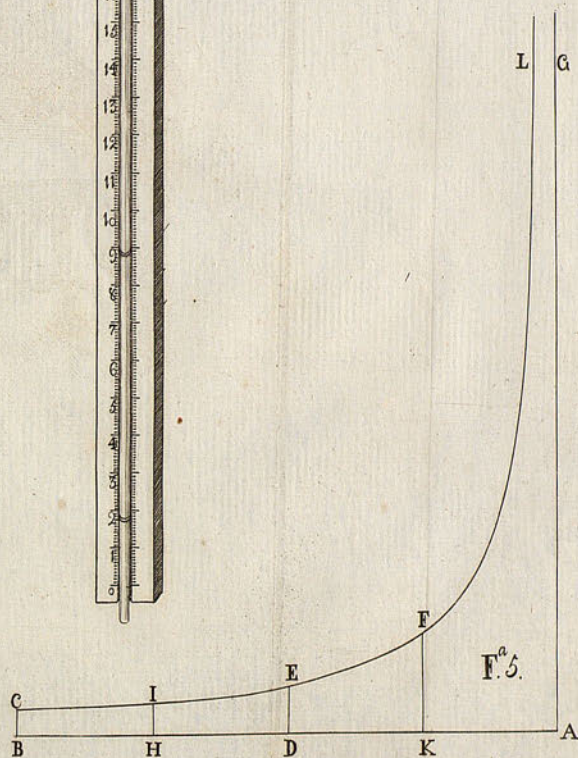
K



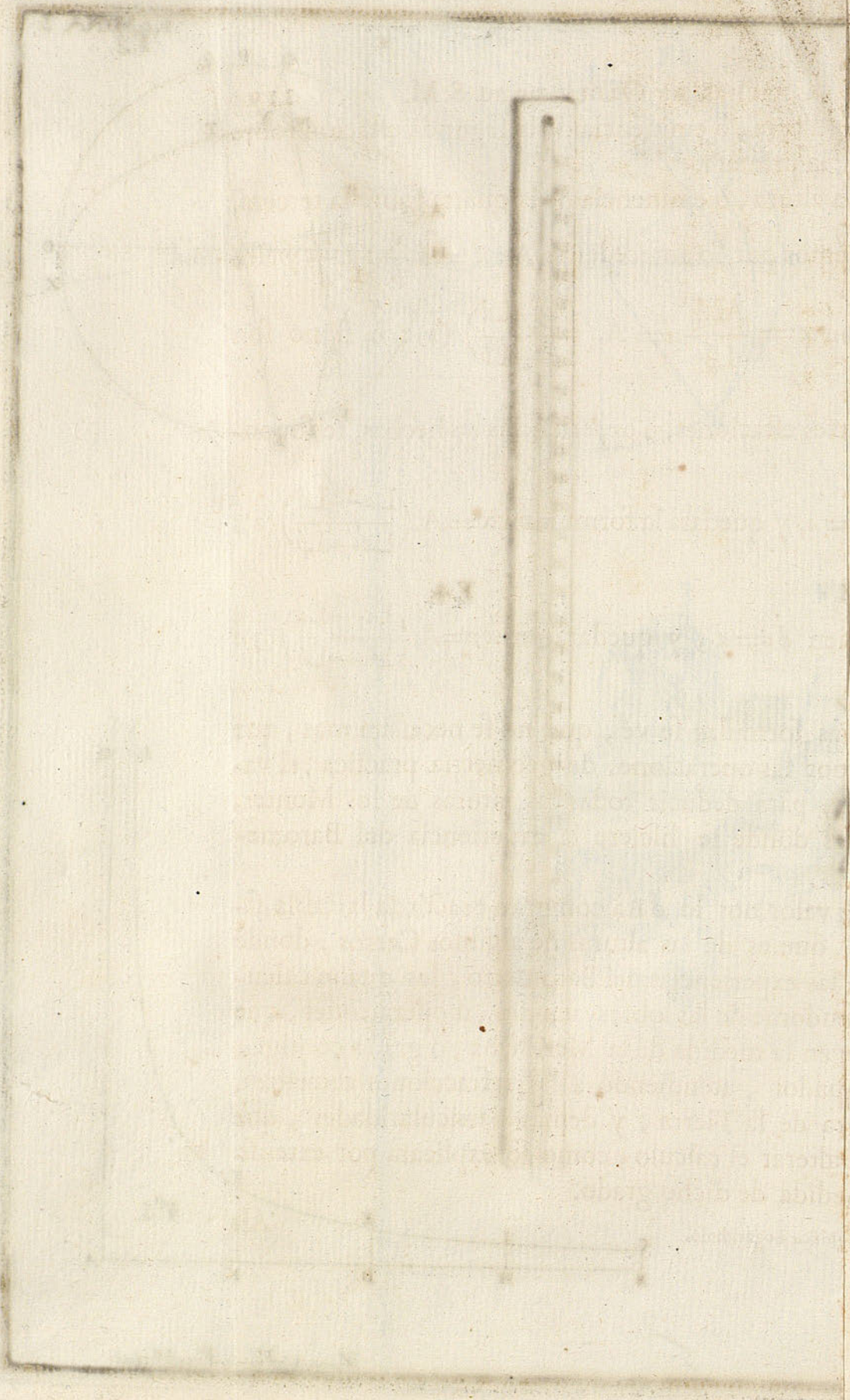
F.3.



F.4.









$A =$  à la altura , ò eminencia de la segunda estacion sobre la primera.

$x =$  à la altura , ò eminencia de la quarta sobre la tercera.

y tendrèmos por lo antecedente  $A : x = L \frac{a}{b} : L \frac{c}{d}$ ; y esta

$$\text{equacion } x = \frac{AL \frac{c}{d}}{L \frac{a}{b}} = A. \left( \frac{Lc - Ld}{La - Lb} \right) (1) : \text{ò si no son}$$

mas de tres estaciones, ò experiencias las hechas, se supon-

$$\text{drà, } c = a, \text{ y quedarà la formula en } x = A. \left( \frac{La - Ld}{La - Lb} \right) (2);$$

$$\text{ò tambien } d = a, \text{ y quedarà en } x = A. \left( \frac{Lc - La}{La - Lb} \right) (3):$$

por cuyas formulas se vè , que no se necesita mas , que hallar , por las operaciones de geometría practica , el valor de  $A$  , para deducir todas las alturas de los Montes, ò parages donde se hiciere la experiencia del Barometro.

Este valor nos lo darà con gran exactitud la tabla siguiente , que es de las alturas de algunos Cerros , donde hicimos las experiencias del Barometro , las quales calculè , valiendome de las observaciones , ò operaciones , que se daràn en la medida de la Meridiana , ò grado contiguo à el Equador , atendiendo à las refracciones terrestres, curvatura de la Tierra , y demàs particularidades , que pueden alterar el calculo , como se explicará por extenso en la medida de dicho grado.

Al-



Alturas sobre el nivèl de *Carabùru* señal Norte de la

Base medida en el llano de *Yaruquí*.

La señal de *Oyambàro* extremo Sur de la

misma Base

126 toefas

*Tanlàgua*

518

*Pambamarca*

88  $\frac{3}{2}$

La cumbre del Cerro de *Pichincha*

1204

La señal del Corazon

985

de *Pucaguaicu* en *Cotopacsi*

1036

*Chusay* cerca de *Alausi*

727  $\frac{1}{2}$

*Sinafaguan*

1106

La altura del Cerro del *Ancon* de *Panamà* se concluyò por el plano de la Plaza, y la hallè en mi calculo de 101  $\frac{1}{2}$  toefas sobre la superficie del Mar à media Marèa.

Estas alturas no solo pueden concluir las de los demàs parages, donde se huviesse hecho la experiencia del Barometro, pero afirmar segunda vez la ley de la dilatacion del Ayre dada en el Capitulo antecedente, si la concordancia de las concluidas geometricamente, y al mismo tiempo por el Barometro es tal, que la corta diferencia que se encontrare se puede atribuir à las casualidades, que en la practica son indispensables. Entremos pues à examinarlo.

Valiendonos de la formula (2), y de las experiencias del Barometro hechas en *Carabùru*, *Oyambàro*, y *Pambamarca*, tendrèmos,

$a = 21 \overset{p}{03} \overset{p}{03} = 3063$  exper. hecha en *Carabùru*.

$b = 20 \overset{p}{07} \overset{p}{09} = 2973$  *Oyambàro*

$d = 17 \overset{p}{03} \overset{p}{04} = 2488$  *Pambamarca*

$A = 126$  toefas, altura de *Oyambàro* sobre *Carabùru*

$a =$



$$a = 3063, \text{ su Logarithmo} = 3.48614,69968$$

$$b = 2973 \quad 3.47349,49092$$

$$La - Lb = 1295,20876$$

$$a = 3063, \text{ su Logarithmo} = 3.48614,69968$$

$$d = 2488 \quad 3.39585,03760$$

$$La - Ld = 9029,66208$$

$$\text{Comp. Logarih. de } 1295.2. = 6.88766,31643$$

$$\text{Logarithmo de } 9029.66 = 3.95563,96330$$

$$A = 126 = 2.10037,05451$$

$$x = 2.94370,51066 = 878.4$$

Segun esto la altura de *Pambamarca* sobre *Carabùru* concluida por el Barometro será 878.4 toefas  
segun la tabla antecedente es por geometria 882.5  
luego la diferencia entre las dos determinacion. 4.1

Donde se vè, que de la altura de *Pambamarca* sobre *Carabùru* concluida por la ley asignada de la dilatacion del Ayre, que nos dà el Barometro, à la altura concluida por geometria, no hay mas, que 4 toefas de diferencia, que es quanta exactitud se puede desear.

No obstante se hallarà mayor, valiendose de la misma formula, y de las experiencias hechas en *Carambùru*, *Oyambàro*, y *Pichincha*, haciendo igual calculo: esto es, la altura de *Pichincha* sobre *Carabùru* por el Barometro 1225 toefas

$$\text{geometria } 1204$$

$$\text{diferencia } 21$$

la qual procede de una linea de yerro en la experiencia del Barometro de *Pichincha*, ò de solo  $\frac{1}{8}$  de linea en las de *Carabùru*, ò *Oyambàro*, à cuya exactitud, yà se ha dicho no se puede llegar.

Q

Por



Por la formula (2), y las experiencias de *Carabùru*,  
*Oyambàro*, y *Tanlagua*.

Altura de *Tanlagua* sobre *Caraburu* por el *Bamet*. 499 toefas

geometria 518

diferencia 19

Por la formula (1), y las experiencias de Caraburu, Oyambato, el Cerro del Ancon en Panamá, y la orilla del Mar.

Altura del Cerro del *Ancon* por el Barometro 88

geometria 101

diferencia 13

Por la formula (2), y las experiencias de la Montaña del

*Petit-Goave*  $\left\{ \begin{array}{c} 3\frac{1}{2} \\ 339\frac{1}{2} \\ 550 \end{array} \right\}$  toefas sobre la superficie del Mar.

Altura de la ultima estacion sobre la primera

por el Barometro <sup>1</sup> 524 <sup>1</sup>/<sub>2</sub>

geometria

diferencia 22.

Todas estas alturas parece, que concuerdan muy bien, tanto para afirmar la ley de la dilatacion del Ayre , quanto para que podamos valernos de las reglas dadas, para deducir las alturas de los Montes,ò Cerros ; pues las diferencias, que se hallan , son , por las razones expuestas en la pagina 104, despreciables : ademàs, que si obtenémos la altura del terreno , donde se midiò la Meridiana , sobre la superficie del Mar à 100 toefas de diferencia , serà mas de lo que se necefsita.

Siguiendo pues dichas reglas, y sirviendonos de la formula (4), y de las experiencias hechas en *Carabùru*, *Oyambàro*, y orilla del Mar, hallarèmos à *Carabùru* elevado sobre la superficie del Mar 1155 toefas.

Con



Con estas mismas reglas se puede hallar la altura de la Atmosphaera , en que el Ayre no es aun perceptible , despreciando la ultima capa , la qual sola es infinita en extension.

*M. Mariotte* en su *Discurso sobre la naturaleza del Ayre*, trae una experiencia, que hizo con la Machina Pneumatica, en que el Ayre se dilatò à lo menos 4000 veces mas de lo que està en la superficie de la Tierra : por lo qual , para hallar la altura, que la Atmosphaera tiene hasta el parage, donde el Ayre no es aun perceptible , debemos suponer , que en dicho lugar està à lo menos 4000 veces mas dilatado; podemos tomarle pues de 4026 : y como las alturas del Mercurio en el Barometro sean en razon inversa de las dilataciones del Ayre, donde se hacen las experiencias, segun se dixo en el Corolario antecedente , se sigue , que el Mercurio quedará à semejante altura 4026 veces mas baxo, que en la superficie del Mar , ò à  $\frac{1}{12}$  de linea : con lo qual, y por las formulas , se hallará , que el Ayre obtendrá dicha dilatacion à 35070 toefas de altura sobre la superficie del Mar , ò à 37 millas de 60 en grado con corta diferencia.

El dia 7. de Diciembre de 1682 hizo *M. de la Hire* la experiencia del Barometro en el Monte *Clairret*, que se halla cerca de *Tolon*, y tiene 257 toefas de altura sobre la superficie del Mar , en la qual tambien hizo la misma experiencia : y quedò el Mercurio en la primera à 26 pulgadas  $4\frac{1}{2}$  lineas , y en la segunda à 28 pulgadas 2 lineas de altura: de las quales se concluye , que el Ayre obtendrá una dilatacion 4026 veces mayor , que à la orila del Mar , à la altura de 32460 toefas ; y así por esta experiencia se puede creer , que la altura de la Atmosphaera en las cercanías del Equador es mayor, que en Europa.



*M. de la Hire* no halla , por su misma experiencia, mas alta la Atmosphaera , hasta el parage donde el Ayre se dilata 4000 veces mas , que en la superficie terrestre , que de 20319 toefas ; cuya diferencia con el numero de arriba 32460, proviene del methodo indirecto , que usò en el calculo , no haviendose querido valer del antecedente, por haverle parecido muy molesto , el quadrar los espacios hyperbolicos entre las asympotas : sin embargo por las tablas Logarithmicas se logra el calculo facilisimo.

En la *medida de la Tierra de M. Cassini* pagina 150 se halla , que el dia 12 de Marzo de 1701 hizo la experiencia del Barometro en una sala de *Colibre* , 11 toefas sobre la superficie del Mar , y quedò el Mercurio à 28 pulgadas: algunas horas despues haciendo la misma al piè de la Torre de *la Massane* , que està elevada sobre dicha sala 397 toefas , quedò el Mercurio 2 pulgadas 7 lineas mas baxo: si nos servimos pues de estas experiencias se concluirà, que el Ayre obtendrà una dilatacion 4026 veces mayor , que la de *Colibre* , à la altura de 34050 toefas ; mayor , que la concluda por las experiencias de *M. de la Hire* 1590 ; cuya diferencia puede depender de las distintas sazones , en que se hicieron.

Por igual methodo se puede hallar la altura en la Atmosphaera , donde los vivientes murieran , si fueran elevados à ella; porque en la Machina Pneumatica se experimenta , que los animales encerrados en ella , mueren evacuando la mitad del Ayre , que es lo propio , que dilatarle , ò darle dupla extension de la que tiene en la superficie terreaquea : con que hallar la altura , donde los vivientes murieran , es lo mismo , que hallar aquella , donde el Ayre està en dupla dilatacion , de la que tiene en la superficie terreaquea;



quea ; ò el parage , donde el Mercurio en el Barometro se mantendrá à 14 pulgadas , que es la mitad de la elevacion , à la qual queda en la orilla del Mar. Si nos servimos pues de estas ultimas experiencias de *M. Cassini* se verá , que este efecto solo se logrará à la altura de 2446 toesas en esta Region : y sirviendonos de las experiencias hechas en *Caraburu* , y *Oyambaro* , se concluirá , que en aquellos parages es necesario elevarse 1780 toesas encima del nivel de *Caraburu* ; que yá se determinò à 1155 toesas sobre la superficie del Mar ; las que sumadas hacen 2935 , algo mas que una legua marina : y así parece increíble , que viviente alguno haya estado elevado à mayor altura : sin embargo veíamos de ordinario desde las cumbres de los Paramos , donde asistíamos , baxo de Tiendas de Campaña , para formar la série de triangulos de la Meridiana , los Buytres mas altos que nosotros , y quizás de 100 à 200 toesas ; por lo qual no irían muy lexos de habitar la altura donde el Mercurio se mantendría à 14 pulgadas , y el Ayre obtendría dupla dilatacion : y así parece , que debe haver otra causa en el Ayre libre , que impida à la naturaleza obrar , como en la Machina Pneumatica.

## CAPITULO IV.

*De otro modo de hallar la altura de los Montes por las experiencias del Barometro.*

**Y**A hemos dicho , que las materias heterogeneas , que se elevan , y esparcen por la Atmosphera , alteran de ordinario el peso de èsta , y al mismo tiempo no permiten al Ayre , que la forma , el dilatarse rigurosamente segun la



la ley asignada en el Capitulo II : por este motivo pretenden algunos , que à distancias cercanas à la superficie de la Tierra se haga dicha dilatacion en otra razon distinta ; y suponen , que las capas , ò *Stratas* , de igual peso , en que se considerò dividida la Atmosphera , se dilatan en progresion arithmetica , correspondiendo cada una de ellas à igual aumento , ò disminucion de altura del Mercurio en el Barometro.

Siguiendo esta regla determinò *M. Cassini* , por sus experiencias hechas en *Francia* , que partiendo de la orilla del Mar , para que el Mercurio en el Barometro baxe una linea , es necesario elevarse à la altura de 60 pies de Rey ; para que baxe 2 lineas , elevarse 60-+-61 ; para que tres , 60-+-61-+-62 ; y asì continuando en una progresion arithmetica , cuyo primer termino , partiendo de la orilla del Mar , donde el Mercurio se mantiene à 28 pulgadas , ha de ser 60 , y el exceso de los demás uno : segun esto , la suma de una série de tantos terminos como lineas huviere de diferencia entre dos experiencias , hechas en distintos lugares , será la elevacion de un lugar sobre otro. Las mismas experiencias , que hizo *M. Cassini* al piè de la Torre de la *Massane* , y en *Colibre* , en las quales hallò de diferencia 2 pulgadas 5 lineas , dàn ( segun esta regla ) la altura de la Montaña sobre la sala de *Colibre* de 395 toefas , que no se diferencia de la que le determinò la medida geometrica mas que en 2 toefas , que es quanta exactitud se puede pedir.

El *P. Feuillee* en su primer tomo intitulado *Journal des Observations Physiques* &c. pagina 456 trae una tabla , que se reduce à la progresion , que asignò , por las experiencias , que hizo en *Lima* , para concluir las alturas , ò emi-



nencias donde se hiciere la experiencia del Barometro ; à la qual dà por primer termino 60 pies, y por exceso 2.

*M. Godin* por las experiencias, que hizo en el *Petit-Goave*, determinò, que la progresion para aquel clima debìa tener por primer termino 74 pies 6 pulgadas  $4\frac{1}{6}$  lineas ; y por exceso de los terminos 10 pulgadas  $5\frac{1}{12}$  lineas.

*M. Bouguer* por las mismas observaciones asignò el primer termino de  $78\frac{3}{4}$  pies ; y el exceso de 8 pulgadas ; pero à su llegada al Reyno de *Quito*, viendo, que esta progresion no convenia, diò à otra por primer termino  $98\frac{1}{3}$  pies ; y al exceso  $\frac{2}{3}$ , ò  $\frac{16}{23}$  de piè. Unas, y otras si se aplican à las experiencias, y medidas dadas en la tabla del Capitulo antecedente, se verà, que no concuerdan.

Para determinar otra, que se acerque mas à la verdad, sean,

$x$  = al primer termino de la progresion.

$z$  = al exceso de ellos.

$n$  = al numero de los terminos entre dos experiencias, cuya elevacion de la una estacion sobre la otra, hallada por geometria, es A.

$m$  = al numero de los terminos entre otras dos experiencias, cuya elevacion de la una estimacion sobre la otra, es B.

con lo qual tendrèmos estas dos equaciones  $nx + \frac{1}{2}n^2z = A$ ;

y  $mx + \frac{1}{2}m^2z = B$ . Por la primera  $z = \frac{2}{n^2} \cdot (A - nx)$  ;

cuyo valor introducido en la segunda, le reduce à  $x = \frac{n^2B - m^2A}{nm.(n-m)}$  ; en donde se supone  $n < m$ , y  $A < B$ .

Para hallar al presente los valores del primer termino  
 $x$ ,



$x$ , y del exceso  $z$ , no hay mas, que poner en lugar de  $n, m, A$ , y  $B$  las cantidades, que les corresponden, sacadas de las experiencias, y de la tabla antecedente. Si tomamos por exemplo las de *Carabùru*, *Oyambàro*, y *Pambamarca*, tendrèmos  $n = 48$ ,  $m = 7\frac{1}{2}$ ,  $A = 882$ , y  $B = 126$ ; de donde se concluirà  $x = 16.51$  toefas, ò 99 pies con corta diferencia; y  $z = \frac{179.04}{2304}$  toefas, ò  $5\frac{1}{3}$  pulgadas.

Como no se necesitan mas de tres experiencias para dàr valores à  $x$ , y  $z$ , y de dos medidas geometricas para darfelos à  $A$ , y  $B$ , podemos, con las experiencias del Capitulo primero, y la tabla del antecedente, dàr varios valores à estas letras, y por consiguiente determinar por ellos muchas veces la progresion, que debiera ser siempre la misma; pero muy al contrario despues de bien hecho el examen, se hallarà, que todas las veces, que se dèn distintos valores à las letras, se concluye distinta progresion: unas dàn el primer termino mayor, y el exceso menor, que el antecedente; otras al contrario; y algunas el exceso negativo: lo qual procede, como he dicho, de la mutacion en peso de la Atmosphera en las varias ocasiones, que se hicieron las experiencias.

Segun esto no podemos hacer cosa mejor, que tomar una progresion media entre todas las que se pueden deducir, tal, que determinando las alturas de los Montes por ella, y por geometría, las diferencias que se hallaren sean lo mas pequeñas, que sea posible. Es pues preciso hallarlas todas, y combinarlas, ò corejarlas, cuya operacion es algo dilatada; pero despues de bien vista, he concluido, que la progresion, que se busca es, la que tiene por



por primer termino empezando del nivèl de *Carabùru* 103 $\frac{1}{2}$  pies ; y por excessò  $\frac{215}{1000}$  de pie : y se empieza del nivèl

del Mar , esta misma progresion tiene por primer termino 86. 246 pies ; y dà las alturas , que se figuen.

Alturas deducidas por la progresion asignada, y las experiencias del Barometro, tales como se hallaron sobre el terreno, comparadas con las que dieron las operaciones geometricas.

Alturas sobre *Carabùru*.

	Por la progresion	Por geometria	Diferencias.
La cumbre del Cerro <i>Pichincha</i>	1181 toefas	1204	23
La Señal de <i>Pambamarca</i>	867	883 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{1}{2}$
<i>Tanlagua</i>	524	518	6
<i>Oyambàro</i>	130	126	4
<i>Corazon</i>	979 $\frac{1}{2}$	985	2 $\frac{1}{2}$
<i>Pucaguaicu</i>	1058	1036	22
<i>Chusay</i>	741 $\frac{1}{2}$	727	14
<i>Sinafaguàn</i>	1108	1106	2

Alturas sobre el nivèl del Mar.

En <i>San Luis</i>	267	247 $\frac{1}{2}$	19 $\frac{1}{2}$
En la Montaña del <i>Petit-Goave</i>	535	550	15
	457	463 $\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{2}$
	342	339 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{2}$
El Cerro del <i>Ancon</i> en <i>Panamà</i>	101 $\frac{1}{2}$	101 $\frac{1}{2}$	0

La altura de la Señal de *Pambamarca* por geometría es de 16 $\frac{1}{2}$  toefas mayor , que la dada por la regla ; pero como

R

la



la experiencia del Barometro se hizo una toesa mas abaxo, que la Señal, le quitè èsta à la diferencia: y por lo mismo 8 à la altura de la Señal del *Corazon*.

La experiencia hecha en *San Luis*, no la comparè con la de la orilla del Mar yà asignada de 27 pulgadas  $11\frac{1}{2}$  lineas, sino con otra de 27 pulgadas  $9\frac{1}{3}$  lineas, porque à esta altura se hallò el Mercurio en el mismo parage.

Por esta tabla se vè la impossibilidad, que hay en asignar una progresion, que convenga à todas las alturas; porque si se aumenta la progresion dada, serà conveniente para unas alturas, y defectuosa para otras; y al contrario: de fuerte, que siempre tendrèmos algunas, que no convendràn con la regla exactamente.

Segun la misma progresion hállo las alturas, que se figuen.

Alturas sobre la superficie del Mar.

*Caraburu* Señal Norte de la Base medida en el

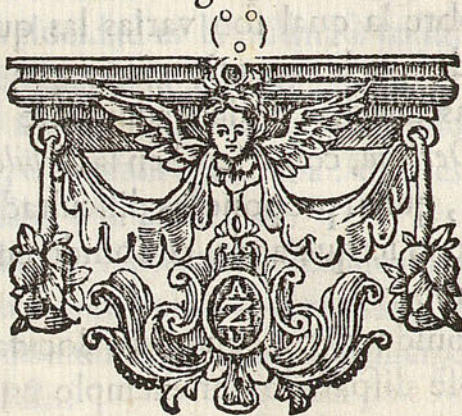
llano de <i>Yaruqui</i>	1267 $\frac{1}{2}$ toesas.
<i>Tarigagua</i> en la <i>Montaña de San Antonio</i>	534
<i>Guamac-Cruz</i> en la misma <i>Montaña</i>	1098 $\frac{1}{2}$
La Ciudad de <i>Quito</i>	1517
<i>Cuenca</i>	1402
La Villa de <i>Riobamba</i>	1728
El Pueblo de <i>Yaruqui</i>	1379
<i>Alausi</i>	1302
<i>Cañar</i>	1660
La cumbre del Cerro <i>Pichincha</i>	2471 $\frac{1}{2}$

Las 2471 $\frac{1}{2}$  toesas de altura de este Cerro, hacen mas de dos millas y media; altura mayor, que qualquiera de las que conocemos en Europa: porque aunque *Strabon*, *Kircherio*, *Riccioli*, y otros varios Autores nos dãn alturas de

Mon-



Montes mucho mayores , parece que no les podemos dár entero credito ; lo primero , por no haver hecho sus computos con la justificacion , que se debìa ; y lo segundo , porque ultimamente se han medido varios Montes de los mas elevados de Europa geometricamente sobre la superficie del Mar , y no se han encontrado de tal elevacion. Segun *M. Cassini* , el *Canigou* , ò de otra suerte el *Canigo* en los *Perineos* es de 1440 toefas. Los mas altos Montes , que se conocen en Europa son los de los *Cantones*: en el de *Berna* , segun las *Philosophicas Transacciones* numero 406 , se halla el llamado *Gemmi* , que medido geometricamente , se hallò de 1685 toefas. Segun el *P. Feuillee* el *Pico de Tenerife* tiene de altura 2193 toefas , que yà es mucho mayor , que las antecedentes de Europa ; pero sin embargo no llega à la de *Pichincha*. La eminencia de este Cerro debe parecer segun esto excessiva à los *Europèos* ; y mucho mas la del *Chimborazo*, Cerro nevado continuamente , y proximo à la Villa de *Riobamba*, que segun mi computo tiene de altura sobre la superficie del Mar 3380 toefas , que hacen mas de legua Maritima.







## LIBRO VI.

## De la Velocidad del Sonido.

## CAPITULO I.

*De las experiencias sobre dicha Velocidad.*

**E**Stà generalmente recibido entre los Phyzicos , que el Sonido nace del movimiento vivo , y vibratorio del Cuerpo sonoro , que comunicandole à el fluïdo , que le circunda , le conmueve en repetidas ondas , exparciendolas circularmente hasta herir los organos del oïdo. La experiencia nos ha enseñado , que la translacion de estas ondas , desde el Cuerpo sonoro hasta el oïdo , no se hace subitamente , sino por movimiento progresivo ; puesto , que el mas proximo al Cuerpo , oye primero el Sonido , que el mas distante : la velocidad pues , con que estas ondas corren , es lo que vulgarmente llamamos velocidad del Sonido ; sobre la qual son varias las questiones , que se han fuscitado , y las experiencias , que se han hecho ; pero el que mas amplia , y delicadamente ha tratado este punto , es *M. Derham* , como se vè en las *Philosophicas Transactions* n. 313 , quien propone las dificultades siguientes.

1. Quanto es lo que anda el Sonido en un segundo , ò mas de tiempo.

2. Si el Sonido viene con mas velocidad al Observador , haviendose disparado por exemplo un Cañon con la boca àcia èl , que por el lado contrario.

3. Si



3. Si el Sonido anda iguales distancias en iguales tiempos , en todos estados de la Atmosphaera , ò alturas del Barometro.

4. Si se mueve con mas velocidad de dia , que de noche.

5. Si andan mas teniendo el Viento favorable , que contrario : y de haver alguna diferencia , quanta sea.

6. Si anda con mas velocidad en tiempo de Calma , que en el de Borrascas , ò Vientos violentos.

7. Si el Viento de travesìa , ò transversal accelera , ò retarda su movimiento.

8. Si el Sonido tiene el mismo grado de velocidad en Verano , que en Invierno.

9. Si sucede lo propio nevando , que en tiempo sereno.

10. Si el Sonido fuerte tiene la misma velocidad , que el debil.

11. Si el Sonido de un Cañon se mueve con igual velocidad à todos grados de elevacion del Cañon.

12. Si las diferentes fortalezas de la Polvora alteran la velocidad del Sonido.

13. Si la velocidad es la misma à todas las alturas encima de la superficie de la Tierra.

14. Si es tambien la misma viniendo el Sonido de arriba à abaxo , ò de abaxo à arriba : esto es , de lo alto de un Cerro al Valle , ò al contrario.

15. Si todas las especies de Sonidos , como de Cañones , Campanas , Martillos , &c. tienen la misma velocidad.

16. Si el Sonido anda mas al principio de su movimiento , que al fin.

17. O si se mueve igualmente , andando iguales es-

pa-



pacios en iguales tiempos.

18. Si se mueve igualmente en todas las Regiones: esto es, en los climas Septentrionales, y Meridionales.

19. Si anda por el mas corto camino: esto es, en linea recta, ò segun la curvidad de la superficie Terraquea.

A varias de estas questiones diò exacta solucion *M. Derham*, por repetidas experiencias hechas en Inglaterra, à distintas sazones, y tiempos, con distintos Cañones, Mosquetes, y Campanas, distantes desde una hasta 8 millas, colocado todo de diversas maneras: y resolvió, que el Sonido anda iguales espacios en iguales tiempos: esto es, 1142 pies Ingleses en un segundo: y lo mismo de qualquier cuerpo que sea, en todas sazones, y tiempos, yà sea en Verano, ò en Invierno, de noche, ò de dia, en Calma, ò en Borrasca, con Viento transversal, ò sin el, que sea fuerte, ò dèbil: con Polvora mas, ò menos fuerte, y yà disparando el Cañon por qualquier lado que sea, y con distinta inclinacion; solo si, lo que encontrò alterar esta regla fuè el Viento favorable, ò contrario, pues el primero hallò acceleraba la velocidad del Sonido, y el segundo, que la retardaba.

Las unicas quatro questiones, que parece no pudo exactamente resolver son las 13, 14, 18, y 19; pues para la 13, y 14 necesitaba hacer la experiencia en elevadissimos Cerros; y tales, que fuera sensible su altura, è inclinacion, de lo qual carecìa la Inglaterra. Para la 18, de hacer la experiencia igualmente en Climas muy apartados, yà à el Septentrion, ò yà à el Medio dia; pues aunque quiso determinarla, por la comparacion de sus experiencias, con las que hizo la *Academia del Cimento en Italia*, no discurro se pueda dàr à esto la mayor seguridad, respeto de lo



poco que distan estos Países. Para la 19, era preciso hacer experiencias en distancias mas considerables, que las que empleò, para que fuesse sensible la curvidad de la Tierra; y como en tal caso no se oyera el Sonido, parece difícil de determinar la question.

Iguales operaciones hicieron ultimamente en Francia M. M. *Cassini de Thury*, *Maraldi*, y el Abate de *la Caille*, empleando para las experiencias mayores distancias, à fin de obtener mayor exactitud, como se vè en las *Memorias de la Academia de las Ciencias de París* del año 1738 pagina 128: por las quales determinaron las mismas condiciones que M. *Derham*; con sola la diferencia de darle al Sonido de velocidad 173 toefas del piè de Rey de *París* por segundo, en lugar de 142 pies Ingleses, que equivalen à 178½ de aquellas toefas.

Otras muchas experiencias se han hecho por distintos Observadores, como las yà citadas de la *Academia del Cimento*, las de M. M. *Hamsteed*, *Halley*, y otras; pero las mas acreditadas son las antecedentes, que sin embargo se diferencian en 5½ toefas: lo qual ciertamente procede, del methodo que emplearon, en hacer las operaciones, los unos sirviendose de mas exactas medidas geometricas, è Instrumentos mas justos para medir el tiempo, que los otros; à lo qual como à las crecidas distancias en que hicieron las experiencias, puso la mayor atencion M. de *Thury*, facilitandose todo, la ocasion de repetir la medida de la Meridiana en Francia.

Como nuestra estacion en el Reyno de *Quito* nos ofrecia la misma comodidad, nos pareció, que debiamos aprovecharnos de ella, para examinar, y responder à la 13, y 18 question de M. *Derham*. A la 13 por hallarse *Quito*



1517 toefas sobre la superficie del Mar , y no elevarse el Mercurio en el Barometro mas que hasta 20 pulgadas 1 linea , como se viò en el Libro antecedente ; y à la 18 por estàr casi sobre el Equador.

Por este motivo resolvimos hacer dichas experiencias, empleando la mayor distancia que fuesse posible ; y por esto , en tiempo que *M. de la Codamine* , y yo haviamos pasado à *Lima* , hallandose el resto de la Compañia detenida en lo tocante à la medida de la Meridiana, deliberaron los de ella , hacer la experiencia , poniendo un Cañon de 4 pies y medio de largo, y de 8 à 9 libras de Bala en la Cumbre del Monte , que llaman el *Panecillo* , al piè del qual està la Ciudad de *Quito* , y sirviendose de la distancia de este Monte al de *Pumbamarca*, ( que està mas allà del Pueblo llamado el *Quinche* ) y es de 19300 à 19400 toefas. Pusose la operacion en practica , pero jamàs se pudo oir desde *Pambamarca* el estallido del Cañon puesto en el *Panecillo* : lo que se discurriò por entonces lo causaría el Viento : y se dexò la operacion , para hacerla de nuevo en mejor ocasion.

El dia 31 de Agosto de 1737 estando *M. Godin* , y yo en dicho Monte de *Pambamarca* , donde haviamos ido à tomar los angulos de la Meridiana , que se formaban allì , resolvimos hacer de nuevo la experiencia , haviendose antecedentemente dado las providencias necessarias en quanto à lo que debian hacer , los que disparaban el Cañon en el *Panecillo* ; y antes que llegasse la noche se dirigió un antejo à el Cañon , para ver por èl con mas individualidad el instante , en que se inflamaba la Polvora.

Llegò la hora de la Observacion , à que asistimos con todo cuydado , y aunque se vieron distintamente dos llama-

ma-



maradas , no percebimos tiro alguno. Como el Viento que corria era suave , atribuimos este defecto à las muchas eminencias , y profundidades, que entre uno, y otro Monte tiene aquel terreno , en donde se perdía sin duda el Sonido , reflectando en las Quebradas , que se hallan de mas de 100 toefas de hondo , y en los Montes eminentes ; pues el de *Pambamarca* donde nos hallabamos tiene  $88\frac{3}{2}$  toefas de altura, contadas desde el llano sobre que se eleva.

No habiendo podido lograr la experiencia en distancia tan grande , se resolvió hacerla en otra menor : y el dia 10 de Julio de 1738 *M. Godin* , y yo passamos à una Hacienda , de los Padres Agustinos , que està en el extremo Septentrional del llano de *Añaquito* , cercana à el camino Real de *Guayabamba* , de donde pretendiamos hacer la observacion ; mientras *Don Antonio de Ulloa*, y *M. Bouguer* fueron à la Hacienda de *Saguanche* , que està à el lado opuesto del *Panecillo* , con el mismo designio ; quedando unos, y otros con corta diferencia igualmente distantes del Cañon.

Pusimos un Pendulo de medios segundos en movimiento , à el abrigo del Viento , para que no le impidiese este hacer las oscilaciones iguales : estabamos al mismo tiempo en parage , que puestos debaxo de el , de suerte, que oíamos perfectamente los golpes de los medios segundos , veíamos tambien claramente el *Panecillo* , y sitio donde estaba en el el Cañon. Nos colocamos inmediatos, atendiendo , para empezar à contar cada uno para si , desde el instante de la inflamacion de la Polvora , hasta oír el Sonido : y despues comunicandonos las Observaciones, que no se diferenciaron jamás de medio segundo , tomamos un medio entre las dos.



Se dispararon cinco Cañonazos , los tres primeros àcia los otros Observadores , que estaban à la parte del medio dia ; el quarto àcia nosotros ; y el quinto se disparò , puesto el Cañon verticalmente : cuyas varias posiciones se le dieron , por vèr si resultaba de ello alguna diferencia.

Las Observaciones : esto es , los tiempos , que el Sonido empleò en correr la distancia desde el Cañon à el sitio , en que nos hallabamos , son como se siguen.

Primer tiro	65	} Tiempo, que gastò el Sonido en llegar à el oïdo , en medios segundos.
segundo	$66\frac{1}{2}$	
tercero	66	
quarto	66	
quinto	66	

El no hallar diferencia sensible en estas cinco Observaciones , satisface plenamente à la 2 , y 11 question de *M. Derham*.

En las tres ultimas siempre convenimos : esto es , ambos encontramos el mismo numero 66 ; y como el 65 , y  $66\frac{1}{2}$  tengan con corta diferencia su medio en 66 , nos atuvimos à este numero , tomandole como el verdadero , que empleò el Sonido en correr la distancia desde el Cañon à nuestro oïdo.

Este tiempo debía en rigor aumentarse , del que gasta la Luz en andar desde el Cañon à el Observador ; pero en la practica es totalmente despreciable : porque segun las Observaciones de los Satelites de Jupiter de *M. Roemer* , la Luz solo tarda en venir desde el Sol à nosotros de 7 à 8 minutos.

Finalizada la operacion reconocimos , que el Viento era contrario al movimiento del Sonido , y juzgamos , que podía andar dos toefas por segundo : por cuyo motivo se  
de-



debe suponer , que en el sitio donde observamos , el Viento atrassaba el Sonido dos toefas por segundo. En el *Panecillo* , donde estaba el Cañon , nos advirtieron , que hacia Calma ; con que en este sitio no se atrassaba cosa alguna el Sonido : puedese pues suponer tomando un medio , que generalmente se atrassaba el Sonido una toefa por segundo.

*Don Antomio de Ulloa* desde *Saguanche* hizo las propias Observaciones , por medio de un Perpendicular de 36 pulgadas  $6\frac{1}{2}$  lineas del piè de *Paris* de largo : colocado de fuerete , que atendiendo à sus Oscilaciones , veia al mismo tiempo el sitio en donde estaba el Cañon en el *Panecillo* : y fueron como se sigue.

Primer tiro	76	} Tiempo, que gastò el Sonido en llegar à el oïdo, en medios segundos.
segundo	$76\frac{1}{2}$	
tercero	77	
quarto	77	
quinto	76	

Tomando un medio entre estas cinco Observaciones, tendrèmos  $76\frac{1}{2}$  segundos por el tiempo , que empleò el Sonido en andar desde el Cañon hasta la Hacienda de *Saguanche* : en cuyo intervalo el Viento no le interrumpiò su velocidad , respeto de haverse experimentado en todo el una perfecta Calma.

Para concluir ahora el camino , que hace el Sonido en un segundo de tiempo , nos falta determinar la distancia desde la Hacienda de los Padres Agustinos al Lugar en que en el *Panecillo* estaba el Cañon , y asimismo la que havia de èste à *Saguanche*. Para este efecto nos valimos de una Base , que teniamos medida en *Quito* de 296 toefas 1 piè , y  $3\frac{1}{2}$  pulgadas , concluïda con la mayor precision : pues su



primer destino fuè el de examinar con ella las divisiones de nuestros Quartos de circulo : para lo qual nunca està de sobra aun la mayor exactitud. Con este fundamento, y tres triangulos , que se formaron , cuyos angulos observamos con el Quarto de circulo , conclui la distancia , desde el sitio del Cañon en el *Panecillo* , al parage donde observamos en la Hacienda de los Padres Agustinos, de 5736 toefas : y *Don Antonio de Ulloa* de la misma suerte determinò , que la Hacienda de *Saguanche* : esto es , el sitio donde observò , distaba del Cañon 6820 de las mismas toefas.

Partiendo las 5736 toefas por los 66 medios segundos , que tardò el Sonido en ir desde el *Panecillo* à la Hacienda de los Padres Agustinos , se hallarà , que el Sonido corriò à razon de  $173\frac{2}{11}$  toefas por segundo. De la misma suerte dividiendo las 6820 , por los  $76\frac{1}{2}$  medios segundos , que tardò igualmente el Sonido en ir desde el Cañon à *Saguanche* , se hallarà , que corriò à razon de  $178\frac{46}{153}$  toefas por segundo , ò 178 justas.

Si atendémos ahora , segun dixè , à que el Viento destruyó el Sonido en mi experiéncia una toefa por segundo , las  $173\frac{2}{11}$  deben ser  $174\frac{2}{11}$  , ò 175 despreciando el corto quebrado.

Como estas experiéncias dèn igual determinacion à la velocidad del Sonido , que las de *M. Derham*, y *M. Cassini de Thury* , quedan satisfechas plenamente las questiones 13, y 18.

Asimismo se vè , que acreditan la Theorica dada por *M. Newton* en su obra *Philosophiæ natalis prin. Mathematica*. Este Author dice en el Lib. 2 Corolario 2 proposicion 49, que las velocidades de los impulsos , ò de las undulaciones , son en razon compuesta de la subduplicada , è inversa de



de la densidad del fluido, y de la subduplicada directa de su elasticidad. Suponiendo pues,

$$\left. \begin{matrix} V \\ D \\ E \end{matrix} \right\} = \text{à la} \left\{ \begin{matrix} \text{velocidad del Sonido} \\ \text{densidad del Ayre} \\ \text{elasticidad del Ayre} \end{matrix} \right\} \text{ en Europa}$$

$$\left. \begin{matrix} v \\ d \\ e \end{matrix} \right\} = \text{à la} \left\{ \begin{matrix} \text{velocidad del Sonido} \\ \text{densidad del Ayre} \\ \text{elasticidad del Ayre} \end{matrix} \right\} \text{ en Quito}$$

tendremos segun *M. Newton*  $V : v = d^{\frac{1}{2}} E^{\frac{1}{2}} : D^{\frac{1}{2}} e^{\frac{1}{2}}$ : pero en igual grado de Calor, ò Frio (quienes segun las experiencias de *M. Derham* no alteran la velocidad del Sonido)

$$D : d = E : e, \text{ luego } D^{\frac{1}{2}} = \frac{d^{\frac{1}{2}} E^{\frac{1}{2}}}{e^{\frac{1}{2}}} : \text{cuyo valor poniendo}$$

lo en la proporcion primera, se reducirà à  $V : v = d^{\frac{1}{2}} E^{\frac{1}{2}} : d^{\frac{1}{2}} E^{\frac{1}{2}}$ : esto es, la velocidad del Sonido en Europa, igual à la misma en *Quito*, que es lo que se ha concluido por las experiencias.

La question 14 es dificultoso examinarla en distancia considerable, y que se pueda tener por segura; pero respeto de haverse determinado, que à todas alturas de la Atmosphera el Sonido anda lo propio, es muy dable, que le suceda lo mismo, aunque sea corriendo por qualquiera plano inclinado. Sin embargo, esto no tendrá lugar segun la Theorica de *M. Huguens*, y el *Doctor Grandi*, quienes suponen, que las ondas del Sonido deben padecer refraccion como los demàs cuerpos, passando de un medio mas denso à otro, que lo es menos, y estenderse en este caso en lineas Hyperbolicas, las quales no pueden distar igualmente de su Centro, ò cuerpo sonoro.

CA-



## CAPITULO II.

*Aplicacion del movimiento progresivo del Sonido à algunos casos de Geometria , y Navegacion.*

**A** Demàs de la utilidad , que saca la Phisica de las experiencias hechas del Sonido , pueden adquirir alguna la Geometria , y la Navegacion , por el methodo inverso : en aquella se midieron distancias para concluir la velocidad del Sonido ; y en éstas nos valdrémos de la velocidad yà determinada , para concluir distancias , en varios casos muy necessarias.

No es menester para este efecto mas , que valerse de una Muestra de segundos , y de la ocasion en que se dispara , ò haga disparar Cañon , Fusil , ò otro qualquier Instrumento : pues observando con la Muestra el tiempo , ò segundos , que passaren desde el instante de la inflamacion de la Polvora , hasta que se oyga el Sonido , y multiplicandoles por 175 , se tendrá lo que dista el Cañon del Observador en toesas del piè de Rey de *Paris* : de las quales 2850 hacen en España una legua de 20 en grado.

Puede aplicarse esta practica à la determinacion de las Bases necessarias à los Planos , que se levantan , midiendolas de la mayor longitud , que fuere dable : pues con ello no solo se evitarà parte del corto yerro , que puede producirse , pero una gran molestia , y pèrdida de tiempo. El caso mas propio de esta especie , es , quando una Esquadra , fondeada en una Baia , ò Rada enemiga , quiere levantar el Plano de ella , sin poner el piè en tierra : porque si de dos Navios distantes se relevan con la Aguja todos los puntos



necesarios , y se mide la distancia de los primeros por el Sonido , quedará con gran facilidad hecho el Plano deseado.

Con semejante operacion se puede hacer el Mapa del estado , ò disposicion de una Armada Naval , en qualquier desembarco , colocando cada Navio en su verdadero sitio , para que se vea la forma , y orden , que se guardò , y hallò toda la Armada ; y esto con suma facilidad : pues ofreciendosele al Comandante de ella disparar varias veces Cañonazos , se pueden aprovechar de ellos para la medida de la Base.

Quando navegan de noche algunos Navios , en conserva , pueden hacer igual operacion en varias ocasiones , para saber lo distante , que se halla su Comandante ; y mas en un temporal , donde no se quiere estàr , ni muy proximo , ni muy distante de èl.

Lo mismo digo para evitar la Tierra , yà sea por haverse empeñado , ò acercado mucho à ella un Navio , yà sea por verse obligados à anclar de noche , ò otras casualidades : para las quales fuera bueno quedassen instruidos los del Puerto , ò Costa , pues por medio de disparar algunos Fusilazos , ò Cañonazos , evitaràn la pèrdida de algunas embarcaciones.

Otros muchos casos semejantes pueden ofrecerse , en quienes el Sonido sea muy apreciable , pero discurro , que los referidos son suficientes , para comprehender , como se deba aplicar à los demàs , y quan utiles sean las referidas experiencias.

(::)





## LIBRO VII.

De la medida del grado de Meridiano  
contiguo à el Equador en el Reyno  
de *Quito*.

### SECCION I.

*Determinacion de la medida geometrica segun  
mis Observaciones.*

### CAPITULO I.

*Medida de la Base fundamental del Llano de Yaruquí.*

**D**Espués de haverse ampliamente tratado en la Introduccion sobre los motivos , que obligaron à dudar de la Figura esférica de la Tierra , que muchos años ha se tenía recibida , y hecho ver , que el mejor modo de resolver , ò determinar la verdadera consiste , en medir con la mayor justificacion , que fuere dable , las longitudes de dos grados de Meridiano terrestre, el uno lo mas proximo, que se pudiere al Polo , y el otro sobre el Equador , para que con esto , si se hallare alguna diferencia en ellas , sea sensible à los Observadores , y no se les confunda con los yerros , que pueden producir los Instrumentos , pues de esta diferencia se debe concluir la verdadera Figura de la Tierra , como queda notado en la Introduccion à esta

Obra;



Obra ; donde se dixo , que para que la tal Figura de la Tierra sea Esférica , la diferencia en grados debe ser ninguna , para que sea longa debe exceder el grado del Meridiano en el Equador à el inmediato à el Polo ; y al contrario para que sea lata : parece , que no nos queda mas que advertir , fino el methodo , que nos propusimos de medir el del Equador , à que fuimos destinados , y entrar luego en las operaciones , que se practicaron.

El modo mas exacto , que hasta al presente se conozca , de concluir la longitud de los grados terrestres , consiste , en medir geometricamente , con buenos Instrumentos un terreno de 60 , 80 , ò mas leguas , que corra Norte Sur , el qual no será mas que una porcion , ò arco de Meridiano terrestre : y despues averiguar Astronomicamente , con Instrumentos aún mas justificados , que los primeros , la diferencia en Latitud de los dos extremos de dicho terreno , que se llama *amplitud del arco* : pues partiendo las toefas , ò varas , que comprehendiere el terreno , ò arco del Meridiano , por los grados de la amplitud del mismo arco , debe venir al quociente el valor del grado terrestre.

Las mas de las veces sucede , que no se halla en el terreno la disposicion conveniente para poderle medir exactamente Norte Sur , pues los Montes , que se interponen , obligan à desviarse à un lado , ò à otro ; y en tal caso la medida no es perfectamente un arco de Meridiano ; pero se reduce facilmente , como es bien sabido , aquélla à éste , por medio de las operaciones trigonometricas , sin que quede en ello el menor yerro.

Este fuè pues el modo , que nos propusimos de medir nuestro grado contiguo à el Equador ; y para ponerle en practica , nos pareció dàr principio por la medida geome-



trica , y à èsta , por la de una Base fundamental. Para este efecto , desde nuestro arribo à *Quito* , se procuraron examinar todos los llanos adequados à el intento ; pero entre los varios que se presentaron , lo fuè mas por su uniformidad el de *Yaruquí* , en quien se tomò por Base , la distancia desde la Hacienda de *Oyambàro* , hasta el extremo de la de *Carabùru* , cuya llanura es muy unida , aunque con alguna inclinacion ; y solo se hallaba en las cercanías de *Oyambàro* una Quebrada de 9 toefas de ancho , cuyo corto obstáculo no era de momento alguno.

Procuramos linearle *M. M. Bouguer* , la *Condamine* , y yo , ( interin se unia el resto de la Compañia , que se hallaba en *Cayambe* ) poniendo Señales à poco mas de 600 toefas las unas de las otras , para guiar por ellas la medida en linea recta : en que tambien consistia lo exacto de la obra : de cuyas posiciones quedamos assegurados , por cubrirse exactamente las unas con las otras , quando nos poniamos en su direccion.

Despues de incorporada toda la Compañia , con los Instrumentos necessarios para medir la Base , yà lineada , pareció mas conveniente , para la seguridad de la operacion , medirla separadamente por dos partidos , en que se dividiese la Compañia : el uno que la midiese de *Carabùru* à *Oyambàro* , mientras el otro lo hacia de *Oyambàro* à *Carabùru* : dexando la confrontacion de medidas , para despues de concluidas.

Con esto *M. M. Bouguer* , la *Condamine* , y *Don Antonio de Ulloa* empezaron la medida desde *Carabùru* , y *M. Godin* , y yo desde *Oyambàro* : en cuyo principio se hizo una gran Señal , semejante à las que se fueron colocando despues en todo el extendido de la Meridiana , y à la que se yè en la  
fi-



figura 1<sup>a</sup>; debaxo de la qual se puso una piedra de Molino, y sobre èsta, se hizo justamente en el parage donde caía la vertical del Vertice de la Señal un pequeño punto, que sirvió de principio à la medida de la Base: diligencia que se practicò igualmente en el otro extremo.

No era menos importante, para la exactitud de la medida de la Base, el methodo con que se debía hacer èsta, pues el corto yerro de una linea en cada 10 toefas, producirà otro considerable de casi 61 de èstas en el grado. Esta consideracion no solo nos obligò à tomar entonces todas las precauciones, que pudimos precaver, sino à hacer ahora relacion de ellas, para que se satisfaga el que leyere.

Hicieronse tres perchas de tres pulgadas de grueso en quadro, largas de 20 pies cada una, de madera bien seca, para que fuesen poco sensibles en las intemperies, y no faciles à tomar otra figura, que la recta; y en sus extremos se le clavarón planchas de Cobre de linea y media de grueso (como se vè en la figura 2) para que estuviesen bien terminadas.

Para el gobierno, y manejo de estas perchas al colocarlas en la direccion de la Base, y horizontalmente, se hicieron unos Cavalletes, semejantes con corta diferencia, à los que describe *M. Cassini* en su *medida de la Tierra* pag. 100: sobre los quales se situaban, y daban todos los movimientos necesarios; pero con tanta lentitud, y trabajo, que nos fuè preciso abandonarlos: desde cuya resolucion, fueron varias las idèas, que se nos presentaron, para su mejor construccion, las quales poniamos prontamente en practica, è ibamos sucesivamente reformando, hasta que practicamos los Cavalletes de Pintor, que se vèn en la figura 3, los quales no solo se manejaban con prontitud, pero



guardaban firmemente las perchas en la situacion , que se ponian. Consistían en tres palos taladrados en sus extremos , por donde pasaba una clavija *a* , que servía de eje, tanto para mantenerles juntos , quanto para poner el pié del medio atrás , y los otros dos adelante : en *b* havia clavada una sortija , por donde pasaba un cordel delgado , con cuyo extremo se ataba la percha prontamente , por medio de un ojal , y un boton , quedando el otro extremo firme en la clavija *d* : y bolteando ésta subía , y baxaba con suavidad la percha lo necesario.

El canto , ó extremo de la primera percha se ponía perpendicularmente sobre el punto , de donde se empezaba à medir , por medio de un aplomo , que se dexaba caer de un hilo muy delgado *A<sup>a</sup>* , que tocaba el piquete , donde se havia dexado la obra el día antecedente , y se empezaba aquel día à proseguir : colocabáse la percha en la direccion de la Base , por medio de otro aplomo , que se tenía en la mano; de lo qual se havia encargado *M. Godin*, mientras yo procuraba situarla horizontalmente , por medio de un Nivel de Viento , que ponía encima de una regla de dos varas de largo , muy acepillada , y exacta , para evitar con ella las tenues desigualdades de la percha.

Puesta la primera percha , se colocaba la segunda , y tercera , en semejante methodo ; haciendo se tocassen con prolixidad por sus extremos , para que no se moviessen de la situacion en que estaban ; y se disponían como se vé en la figura 4 : despues de lo qual , se pasaba la mas atrassada adelante , y se iba ganando terreno ; de suerte , que siempre se veían dos perchas sin movimiento , y otra , que se estaba disponiendo en linea , para ir abanzando en la medida.



La *Toesa* de hierro , que llevò *M. Godin de Paris* iba siempre con nosotros , la qual estaba marcada con gran prolixidad , y se ponìa siempre à la sombra , donde ni el Sol , ni el agua la maltratassen , y con el *Thermometro* à su lado , para que nos dieffen el grado de calor , ò frio , que obtenìa , y se le pudiesen hacer las correcciones esenciales sobre este punto.

Todos los días se median dos y tres veces las perchas , estando en una linea recta , tomando con un *Compàs* de vara la longitud de la *Toesa* con la mayor precision , y se iba transfiriendo sobre las perchas , en las quales se havian clavado tachuelas en los puntos donde caìa la punta del *Compàs* , para señalar sobre las cabezas exactamente cada toesa : y siempre que se encontraba diferencia en la longitud de las perchas ( que tenian todas tres juntas en linea , 10 toesas ) se hacia la correccion de añadir , ò subtractar , lo que se havia notado ; teniendo cuydado de quitar la corta diferencia , que causaba el *Compàs* al medir las dos ultimas toesas de los extremos ; pues como las planchas de cobre estaban mas baxas , que la superficie de las perchas , las dos ultimas toesas se median inclinadas , y reducidas al plano , en que se median las otras , havia  $\frac{2}{27}$  de linea de correccion.

Siempre que el terreno iba declinando , y que las perchas , por haverlas de llevar horizontales , se hallaban muy altas , ò baxas en los *Cavalletes* , se restituían à su lugar , por medio de un aplomo , en la conformidad , que he dicho se operaba , quando se empezaba diariamente la medida , ò se finalizaba ; dexando todas las noches un piquete bien clavado , en el qual teniamos marcado con un punto , el sitio donde havia quedado la medida.

La



La obra se fuè haciendo , con quanta delicadeza se pudo emplear , empezando el dia 8 de Octubre de 1736 : y estuvimos ocupados en ella , hasta 5 de Noviembre ; pero todos los dias se abanzaba con mayor diligencia , pues si el primer dia no medimos mas de 40 toefas , en los ultimos medimos 520 , habilitados yà con la continuacion del trabajo , y quitados en los primeros dias los impedimentos.

Medimos despues la pequeña Quebrada por geometria , tomando los angulos con una plancheta ; su anchura era solo de 9 toefas : y agregada à la medida de las perchas , y hechas todas las correcciones precisas , hallamos la Base en linea horizontal de 6272 toefas , 4 pies , 2 pulgadas , y dos lineas.

Como se verà despues en la Seccion segunda, *Don Antonio de Ulloa* , con *M. M. Bouguer* , y *la Condamine* la concluyeron de 6272 toefas , 4 pies , y 5 pulgadas , que no difiere de nuestra determinacion mas que en dos pulgadas diez lineas ; lo qual no sè si dependerà de casualidad , ò exactitud : porque para quitar el escrupulo , que podia haver por la comunicacion diaria de medidas , no se hizo mas de una , despues de concluida la Base , en papeles reciprocos , dados al mismo tiempo.

La diferencia aunque corta de las dos determinaciones , fuè preciso dividirla , y tomar un medio entre las dos medidas : de suerte , que establecimos la Base de 6272 toefas , 4 pies ,  $3\frac{1}{2}$  pulgadas , que es la distancia horizontal desde la Señal , que se hizo en la piedra de Molino , colocada en *Oyambàro* , hasta la Señal en la piedra de Molino , colocada en *Carabùru*.

Con esta distancia horizontal establecida , era preciso  
con-



concluir la distancia en linea recta desde la Señal de *Oyambàro* à la de *Carabùru*, para que tomada como Base fundamental, pudieramos, por el medio de observar angulos en varias Señales, situadas en los lugares mas ventajosos, formar una série de triangulos, que determinassen la Meridiana.

Si el terreno, en que medimos la Base, huviera sido uniforme, ò estado todo en un mismo plano, la distancia establecida, fuera la de la horizontal, que passa por la mitad de la elevacion de *Oyambàro* sobre *Carabùru*; pero como el terreno no se hallaba en el mismo plano, como lo mostraba patentemente su vista, fuè necesario, asignar la Base medida à otra elevacion, que la dicha. *M. Godin*, y yo en varias ocasiones, que premeditamos este punto, juzgamos, ( respeto de aproximarse mas el terreno à la horizontal de *Carabùru*, que à la de *Oyambàro* ) que la distancia medida podia, sin yerro sensible, establecerse à un tercio de la elevacion de *Carabùru* à *Oyambàro*, pues diez toefas de mas, ò menos elevacion, no aumentan, ni disminuyen la Base, mas que de  $\frac{1}{50}$  de toefa con corta diferencia: por lo que escusamos con mucha razon, el tomar, ò observar las varias inclinaciones del llano, para deducir por ellas la horizontal, que era la medida hallada: pues mas huviera sido prolixidad, y pèrdida de tiempo, que utilidad.

La altura de *Oyambàro* vista desde *Carabùru*, y la depression de *Carabùru* vista desde *Oyambàro* fueron observadas con el Quarto de circulo, el año 1736, varias veces: *M. Bouguer* daba la depression de *Carabùru* desde *Oyambàro* de  $1^{\circ} 12' 20''$ ; la qual no hallabamos *M. Godin*, y yo, mas que de  $1^{\circ} 11' 45''$ : cuya variedad nos hizo examinar de

nue-



nuevo el año 1737 las dos inclinaciones de los extremos de la Base, tomando para ello la precaucion (que guardamos en toda la medida de la Meridiana) de poner objetos en ambos extremos à la altura del Centro del Quarto de circulo, para que en ambas Observaciones, la visual del anteojo fuesse la misma: y poniendo todo cuydado, hallamos de *Oyambàro*, *Carabùru* depresso  $1^{\circ} 11' 35''$  y de *Carabùru*, *Oyambàro* elevado  $1^{\circ} 6' 30''$

Con estos datos, para hallar la distancia directa de un extremo à otro de la Base, sean

a Fig. 5  
Lam. 7

C<sup>a</sup> *Carabùru*

O *Oyambàro*

T el punto en la Tierra à donde se juntan las perpendiculares, tiradas à los Horizontes de los Lugares C y O, ò el Centro de la Tierra.<sup>b</sup>

ED la horizontal medida de  $6272.4.3\frac{1}{2}$ , que se supone passar por el tercio de la altura HO de *Oyambàro* sobre *Carabùru*.

Y siendo CB perpendicular à TC, el angulo BCO serà el de altura, observado en *Carabùru* de  $1^{\circ} 06' 30''$ : y asimismo siendo FO perpendicular à OT, el angulo FOC serà el de depreesion, observado en *Oyambàro* de  $1^{\circ} 11' 35''$ . Por lo qual serà en angulo COT =  $88^{\circ} 48' 25''$  y el angulo OCT =  $90^{\circ} + \text{BCO} = 91^{\circ} 06' 30''$

Estos

b. Estas perpendiculares en la suposicion de no ser la Tierra una Esphera, no se juntan en su centro, à menos que la direccion de la Base CO no sea paralela à el Equador; y en la suposicion de ser la Tierra Lata, y nombrando su Exe 1, y el Diametro del Equador A, si la Base, ò lado corre segun el Meridiano, las perpendiculares se juntarán, en las cercanias del Equador donde medimos, à una distancia, expreffada por  $\frac{1}{A}$ ; pero que se juntan à uno, ò otro punto, induce muy poco yerro en la medida, no tan solo de la Base, pero de qualquiera de los mayores lados de la Meridiana, siendo el mayor, que se puede cometer, de solas 2. lineas.



Estos dos angulos , con el formado en T , han de hacer dos rectos ; por lo qual con tomar el suplemento de los dos primeros , se concluirà el angulo en T ; pero para verificar las Observaciones de los dos angulos antecedentes , serà bueno hallar el angulo en T por otro methodo.

Si la figura de la Tierra no es Esphérica, las lineas CT, y OT pueden juntarse à mayor , ò menor distancia del centro , segun la figura , que se le quisiere asignar : por lo que puede haver variedad en el angulo CTO ; pero qualquiera figura , que se suponga de las que los Authores modernos la atribuyen , induce muy poco yerro en dicho angulo ; y no puede subir à mas de 5 segundos : por lo qual me parece , que para la mayor brevedad , se puede hallar este angulo ( como los demàs , que en semejantes casos se ofrecieren de la Meridiana ) partiendo la distancia CO en toefas por 16 , pues el quociente darà el valor del angulo en T en segundos : que siempre llamarè *angulo en el centro de la Tierra* : en el presente caso serà de 6' 32" ; pero teniendole calculado mas exactamente de 6' 37" me valdrè de estè.

$$\text{Angulo COT} = 88^{\circ} 48' 25''$$

$$\text{OCT} = 91 \ 06 \ 30$$

$$\text{CTO} = 00 \ 06 \ 37$$

$$\text{Suma} \qquad \qquad 180 \ 01 \ 32.$$

El exceso 1' 32" viene sin duda del poco yerro , que los Instrumentos pueden ocasionar , sin embargo de haverlos corregido del error de las divisiones : pero lo mas cierto es , que proviene en la mayor parte de las refracciones terrestres , que muchos tienen notadas , y estàn admi-



tidas de los inteligentes. <sup>a</sup> Suponiendo, que en ambas Observaciones de *Caraburu*, y *Oyambaro* hayan sido las refracciones iguales, tendrèmos para cada una 46'', y se corregiràn las Observaciones como se sigue.

$$\text{Angulo COT} \dots = 88^{\circ} 48' 25''$$

$$\text{Refraccion substractiva} \quad 46$$

$$\text{Verdadero angulo COT} = 88 \quad 47 \quad 39$$

$$\text{Angulo OCT} \dots = 91 \quad 06 \quad 30$$

$$\text{Refraccion substractiva} \quad 46$$

$$\text{Verdadero angulo OCT} = 91 \quad 05 \quad 44$$

Siendo el angulo en T de 6' 37'', cada angulo HCT, CHT (por ser el triangulo CHT ysfceles) serà de 89° 56' 41½'' y haviendose supuesto la horizontal ED<sup>b</sup> al tercio de

la altura HO, seràn EI =  $\frac{ED}{3} = 2090$  toefas, 5 pies, 5

pulgadas, y 2 lineas; y ID =  $\frac{2ED}{3} = 4181$  toefas, 4

pies, 10 pulgadas, y 4 lineas: y en el triangulo CIE tendrèmos conocidos, el angulo IEC = HCT = 89° 56' 41½'', el angulo ICE (complemento de OCT) = 88° 53' 30'', y el lado EI = 2090 toefas, 5 pies, 5 pulgadas, 2 lineas: luego

$$\text{ECI} = 88^{\circ} 53' 30''$$

$$\text{IEC} = 89 \quad 56 \quad 41\frac{1}{2}$$

EI

<sup>a</sup> *M. Huguens* hizo varias experiencias sobre ello, fixando un Telescopio à un objeto; y à cortas horas de intervalo le viò subir, y baxar del punto donde le havia puesto, por motivo de la diversa refraccion, que hubo en ellas, y distinta crastud de la Atmosphaera.

<sup>b</sup> En rigor geometrico la ED medida es un arco porcion de la circunferencia de la Tierra; pero es lo mismo suponerla cuerda del mismo arco, de quien no se diferencia sensiblemente.



$$IE = 2090. \overset{t}{5} \overset{p}{5}. \overset{l}{2}.$$

$$IC = 2091. \overset{t}{1} \overset{p}{9} \overset{l}{3}$$

De igual modo en el triangulo IOD son conocidos,  
el angulo  $IDO = 180^\circ - CHO = 90^\circ 03' 18\frac{1}{2}''$

$$IOD = 88 \ 47 \ 39$$

y el lado  $ID = 4181. \overset{t}{4}. \overset{p}{10}. \overset{l}{4}.$  luego

$$IOD = 88^\circ 47' 39''$$

$$IDO = 90 \ 03 \ 18\frac{1}{2}$$

$$ID = 4181 \ 4. \ 10. \ 04$$

$$IO = 4182 \ 4 \ 04 \ 10$$

luego  $IC + IO = CO = 6274$  toefas, ò pies, 2 pulgadas, y una linea, que es la distancia en linea recta desde *Caraburu* à *Oyambàro*: la qual el dia 24 de Agosto de 1737 alargamos *M. Godin*, y yo 3 pulgadas, 8 lineas: y asì serà la verdadera distancia de 6274 toefas, o pies, 5 pulgadas, 9 lineas: ò de 6274 toefas, o pies, 6 pulgadas justas, por faltarle solo 3 lineas para ello.

## CAPITULO II.

### *Del examen de las divisiones de los Quartos de circulo.*

**A**Ntes de emprender una obra, es preciso examinar siempre los Instrumentos con que se debe executar, para conocer los defectos, que pueden producir, y corregirlos, ò hacer el computo de la justificacion de ella. Por este motivo tuvimos presente antes de empezar las Observaciones de los angulos, que formaban la Série de triangulos de la Meridiana, el examinar las divisiones de



los Quartos de circulo , con que se debian observar : pues es cierto , que por mas cuydado, que el Operario ponga en executarlas , no dexarà de deslizarse en algun corto yerro; y mas quando son muchas las causas de donde puede producirse : porque quièn podrà estàr seguro de haver tomado exactamente una medida igual à otra ? Quièn lo estàr de haver dividido un arco justamente en dos partes iguales? Y quièn de haver hallado exactamente el centro de un circulo ? Todas son cosas muy faciles en la theorica , pero extremamente dificiles en la practica , quando se pide un cierto punto de precision.

Varios methodos se nos ofrecieron de examinar las divisiones de nuestros Quartos de circulo ; pero de ellos era necesario excluir , los que podian dár igual , ò mayor yerro , que el que cometì el Operario en la construccion de los Instrumentos. Uno de ellos es , el querer verificar con un Compàs la razon de cada cuerda del arco del Instrumento con su radio correspondiente , pues no hay seguridad alguna , en que la operacion del Observador sea mas exacta , que la del Operario.

Uno de los que practicamos *M. Godin* , *Don Antonio de Ulloa* , y yo fuè el mismo de que usò *M. de Maupertuis* , para verificar su Sector en Tornea : el qual tambien discurro muy expuesto à yerros , à causa de la medida geometrica , que es necesario practicar , de donde se concluye el angulo verdadero , que ha de corregir los del Instrumento : porque si en las medidas pequeñas se halla dificultad al practicarlas , es muy probable , que esta se aumente proporcionalmente en las mayores : y asì este genero de operacion no puede ser mas justificada , que la que hizo el Operario.

Otros



Otros dos methodos se nos ofrecieron , en los quales no se hallaban los inconvenientes de arriba : el primero observar los angulos de varios triangulos , y tomar su diferencia à 180 grados ; combinandolos de tal suerte , que se hallaban las correcciones de todos los grados : y el segundo observando primeramente en quatro angulos rectos toda la buelta del Horizonte , cuya quarta parte del exceso , ò defecto à 360 grados era la correccion del grado 90 ; y observando un angulo recto en dos de 45 grados , la mitad del exceso , ò defecto à 90 la correccion para 45 ; y asì procediendo hasta adquirir la de todos los grados.

Todos estos methodos se practicaron , y repitieron , para assegurarlos de las verdaderas correcciones , y poderlas emplear en las observaciones de la Meridiana : en ellos encontramos varios reparos , y atenciones muy curiosas , que necessitarian para su explicacion , que nos detuviessemos largamente ; pero como no se pretenda dàr mas que el aviso de las precauciones , que se observaron , y el methodo con que se practicaron , parece , que serà suficiente la corta explicacion dada.

Con esto los angulos , que observamos en la Série de triangulos , que se verà , no tan solamente fueron corregidos del yerro de los anteojos , y otros , que de ordinario se conocen por los Inteligentes , pero asimismo de los que pudimos conocer de la construccion de las divisiones del Instrumento , por los methodos arriba referidos.



## CAPITULO III.

*De los Angulos de la Série de Triangulos , que se formò,  
y calculo de sus lados.*

Fig. 10  
Lam. 4

YA medida la Base, se fueron tomando los angulos de posicion con los Quartos de circulo de los extremos de ella, y de las demàs Señales, que componian la Série de triangulos, segun dixe en el Libro segundo pagina 51, y se fueron calculando las distancias de unas Señales à otras: esto es, siendo AB<sup>a</sup> la Base, con los tres angulos del triangulo ABC, observados, se concluìa AC; con este lado, y los tres angulos del triangulo ACD se concluìa CD; y asì en los demàs.

Es cierto, que el haver observado los dos angulos de cada triangulo hubiera sido bastante; pero para quedar del todo assegurados, de que no nos haviamos equivocado observandolos, tuvimos por conveniente, se observassen todos tres; mas para aliviar el trabajo, y adelantarle, se dividiò (como se hizo para la Base) la Compañia en dos: M. M. Bouguer, la Condamine, y Don Antonio de Ulloa iban por un lado, tomando angulos; quando M. Godin, y yo los observabamos por otro: se tenìa dispuesto el orden de tal fuerte, que cada Compañia observaba dos angulos de cada triangulo, y el tercero le era comunicado por la otra. Con esta providencia, no tan solo se conseguìa el estàr seguros de las Observaciones, y se aliviaba el trabajo adelantandole, pero se hacia dos veces la medida, y se tenìa la seguridad cotejando una con otra de no haverse equivocado.

Los angulos de toda la Série de triangulos corregidos como tengo dicho, empezando desde la Base, son los que se



se figuen en esta tabla: en la qual los grados, minutos, y segundos notados al lado de las Señales, son el valor del angulo formado en aquella Señal, comprehendido entre las otras dos que la acompañan. La primera coluna de angulos son los que fielmente se hallaron, ò observaron, haviendolos solo substraído las correcciones, que arriba se mencionaron; y la segunda los mismos corregidos arbitrariamente, de suerte, que la suma de los tres de cada triangulo sea de 180 grados. Aunque he dicho arbitrariamente, es necesario entender, que fuè con mucha reflexion: porque si no se tenia tanta seguridad en un angulo de un triangulo como en los otros dos, se hechaba la correccion totalmente sobre el primero: otras veces sobre dos; y quando sucedia, que se tenia entera satisfaccion de los tres, se repartia la correccion igualmente entre todos.

### 1. Triangulo.

Señales	Angulos observados	Angulos corregidos.
A Oyambàro	63° 47' 40"	63° 47' 42"
B Carabùru	77 35 30 $\frac{1}{2}$	77 35 32
C Pambamarca	38 36 44	38 36 46
Suma -	179 59 54 $\frac{1}{2}$	180 00 00

### 2.

A Oyambàro	74 10 44 $\frac{1}{2}$	74 10 58
C Pambamarca	69 46 13	69 46 32
D Tanlagua	36 02 20 $\frac{1}{4}$	36 02 30
Suma -	179 59 17 $\frac{3}{4}$	180 00 00

Se-



## 3.

Señales.	Angulos observados.	Angulos corregidos.
D <i>Tanlagua</i>	65° 39' 37"	65° 39' 42"
E <i>Guápulo</i>	67 17 33 $\frac{1}{2}$	67 17 33 $\frac{1}{2}$
C <i>Pambamarca</i>	47 02 38	47 02 44 $\frac{1}{2}$
	179 59 48 $\frac{1}{2}$	180 00 00

## 4.

E <i>Guápulo</i>	72 08 53 $\frac{3}{4}$	72 08 52
F <i>Guamaní</i>	59 53 52	59 53 50
C <i>Pambamarca</i>	47 57 20 $\frac{1}{4}$	47 57 18
	180 00 06 $\frac{1}{2}$	180 00 00

## 5.

E <i>Guápulo</i>	69 25 56 $\frac{1}{4}$	69 25 54
F <i>Guamaní</i>	74 00 14	74 00 12
G <i>Corazón</i>	36 33 56	36 33 54
	180 00 06 $\frac{3}{4}$	180 00 00

## 6.

E <i>Guápulo</i>	38 05 12 $\frac{3}{4}$	38 05 10
G <i>Corazón</i>	58 53 29	58 53 26
H <i>Chinchulagua</i>	83 01 27	83 01 24
	180 00 08 $\frac{3}{4}$	180 00 00

## 7.

G <i>Corazón</i>	36 14 50 $\frac{3}{4}$	36 14 53
H <i>Chinchulagua</i>	66 29 32	66 29 34 $\frac{1}{2}$
I <i>Limpie-Pongo</i>	77 15 30	77 15 32 $\frac{1}{2}$
	179 59 52 $\frac{1}{2}$	180 00 00



## 8.

Señales.	Angulos observados.	Angulos corregidos.
G Corazón	66° 43' 23"	66° 43' 25 $\frac{1}{2}$ "
I Limpie-Pongo	73 23 32 $\frac{1}{2}$	73 23 35
K Milin	39 52 57	39 52 59 $\frac{1}{2}$
	179 59 52 $\frac{1}{2}$	180 00 00

## 9.

G Corazón	41 36 47	41 36 45
K Milin	44 16 48	44 16 47
L Papaurcu	94 06 28 $\frac{1}{2}$	94 06 28
	180 00 03 $\frac{1}{2}$	180 00 00

## 10.

K Milin	60 31 59	60 31 59
L Papaurcu	60 31 32	60 31 34
M Vengotafin	58 56 27	58 56 27
	179 59 58	180 00 00

## 11.

K Milin	52 18 08	52 18 06 $\frac{1}{2}$
N Chulapu	49 18 11 $\frac{1}{2}$	49 18 11 $\frac{1}{2}$
M Vengotafin	78 23 42	78 23 42
	180 00 01 $\frac{1}{2}$	180 00 00

## 12.

M Vengotafin	34 47 55	34 48 21
N Chulapu	73 54 03	73 54 03
O Jivicatfu	71 17 36	71 17 36
	179 59 34	180 00 00



## 13.

Señales.	Angulos observados.	Angulos corregidos.
N Chulapu	75° 56' 18"	75° 56' 22"
O Jivicatfu	68 53 15	68 53 18
P Chichichoco	35 10 16	35 10 20
	179 59 49	180 00 00

## 14.

O Jivicatfu	34 29 33	34 29 33
Q Mulmul	73 24 27	73 24 27
P Chichichoco	72 05 59	72 06 00
	179 59 59	180 00 00

## 15.

P Chichichoco	48 51 40 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	48 51 40
Q Mulmul	54 19 15 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	54 19 15
R Guayama	76 49 06	76 49 05
	180 00 02	180 00 00

## 16.

Q Mulmul	60 49 40	60 49 38
R Guayama	91 22 27	91 22 25
S Ilmal	27 47 59	27 47 57
	180 00 06	180 00 00

Haviendonos parecido el angulo en *Ilmal* pequeño, de que podía resultar yerro en el lado RS à poca diferencia del verdadero angulo ; se resolvió rectificar el mismo lado por nuevos triangulos , que son los que se ven formados de puntos ; pero haviendo hallado el lado RS de igual magnitud , tanto por el primer methodo , como por el  
fe-



segundo , à cortas pulgadas de diferencia , me parece, que para no confundir la obra , ferà bueno no hacer mencion de los triangulos puntuados.

## 17. Triangulo.

Señales.	Angulos observados.	Angulos corregidos.
R Guayama	71° 35' 55 $\frac{3}{4}$ "	71° 35' 55"
T Sisa-Pòngo	41 03 30 $\frac{1}{2}$	41 03 30
S Ilmal	67 20 36	67 20 35
	180 00 02 $\frac{1}{4}$	180 00 00

## 18.

T Sisa-Pòngo	48 31 38	48 31 40
V Sèsgum	67 48 24	67 48 25
S Ilmal	63 39 53	63 39 55
	179 59 55	180 00 00

## 19.

T Sisa-Pòngo	47 28 35	47 28 35
V Sèsgum	52 00 56	52 00 56
U Lanlanguso	80 30 29	80 30 29
	180 00 00	180 00 00

## 20.

V Sèsgum	71 00 57	71 00 57
U Lanlanguso	47 46 09	47 46 34
X Senegualap	61 12 29	61 12 29
	179 59 35	180 00 00



## 21.

Señales.	Angulos observados.	Angulos corregidos.
U <i>Lanlanguso</i>	66° 28' 40"	66° 28' 27"
X <i>Senegualap</i>	55 40 46	55 40 46
Y <i>Chusay</i>	57 50 46 $\frac{3}{4}$	57 50 47
	180 00 12 $\frac{3}{4}$	180 00 00

## 22.

X <i>Senegualap</i>	78 05 57 $\frac{1}{2}$	78 05 57 $\frac{1}{2}$
Y <i>Chusay</i>	45 22 03	45 21 56
Z <i>Tioloma</i>	56 32 32	56 32 06 $\frac{1}{2}$
	180 00 32 $\frac{1}{2}$	180 00 00

## 23.

Y <i>Chusay</i>	50 53 07	50 53 07
Z <i>Tioloma</i>	51 55 36 $\frac{1}{2}$	51 55 22
$\alpha$ <i>Sinasaguàn</i>	77 11 31	77 11 31
	180 00 14 $\frac{1}{2}$	180 00 00

## 24.

Z <i>Tioloma</i>	56 59 52	56 59 44
$\alpha$ <i>Sinasaguàn</i>	50 38 00	50 38 52 $\frac{1}{2}$
$\beta$ <i>Quinoaloma</i>	72 21 23 $\frac{1}{2}$	72 21 23 $\frac{1}{2}$
	179 59 15 $\frac{1}{2}$	180 00 00

## 25.

$\alpha$ <i>Sinasaguàn</i>	86 39 05	86 39 09
$\beta$ <i>Quinoaloma</i>	48 53 40 $\frac{1}{2}$	48 53 44
$\gamma$ <i>Bueràn</i>	44 27 04	44 27 07
	179 59 49 $\frac{1}{2}$	180 00 00



## 26.

Señales	Angulos observados.	Angulos corregidos.
$\beta$ Quinoalòma	47 25 01 $\frac{1}{2}$	47 24 46
$\gamma$ Bueràn	47 12 00	47 11 44
$\delta$ Yasuai	85 23 45 $\frac{1}{2}$	85 23 30
	180 00 47	180 00 00

## 27.

$\gamma$ Bueràn	85 07 22	85 07 21
$\delta$ Yasuai	32 55 18	32 55 17
$\pi$ Surampálte	61 57 23	61 57 22
	180 00 03	180 00 00

## 28.

$\delta$ Yasuai	Este angulo se concluyó.	33 40 21
$\pi$ Surampálte	87 14 17	87 14 17
$\theta$ Guanacàuri	59 05 22	59 05 22
		180 00 00

## 29.

$\pi$ Surampálte	20 33 14	20 33 16
$\epsilon$ La Torre de Cuenca	66 06 33 $\frac{1}{2}$	66 06 35
$\theta$ Guanacàuri	93 20 07	93 20 09
	179 59 54 $\frac{1}{2}$	180 00 00

Despues de estos triangulos , se formaron los otros, que se ven puntuados , para hallar la distancia de Guanacàuri ( $\theta$ ) à los Baños ( $\zeta$ ) , que fuè segunda Base examinada para verificar la Série de los triangulos. Medimos esta Base M. Godin, y yo de la misma suerte , que la de Yaruquí, y con iguales precauciones ; en cuya obra empleamos 21 dias.



dias. El llano en que se halla, que està contiguo à la Ciudad de *Cuenca*, no era tan commodo como el de *Yaruquí*, pues tuvo algunas paredes, que derribar, y dos Rios de tres quartas, à una vara de agua de profundidad, que passar midiendo: lo que hizimos por medio de los Cavalletes; aunque con la incomodidad del agua, que nos daba casi à la cintura. Otro Rio algo mas caudaloso, que es el que passa cerca de *Guanacàuri*, lo medimos geometricamente por dos pequeños triangulos: cuyos angulos observamos con el Quarto de circulo. En fin hecha toda correccion conforme se dixo en la medida de la Base de *Yaruquí*, y agregandole la porcion geometrica, hallamos la distancia de *Guanacàuri* ( $\theta$ ) à los Baños ( $\xi$ ) de 6197 toefas, 3 pies, y 8 pulgadas; y la misma distancia por la Série de triangulos la hallè de 6196.<sup>1</sup> 3.<sup>p</sup> 07 pulgadas. Desde luego se presenta à la vista la diferencia 1 toefa o pies 1 pulgada, que se discurrirà provenir de la medida de los triangulos; pero si se atiende à que el temperamento de la Base de *Cuenca*, ò de *Guanacàuri* à los Baños no era tan calido como el de la Base de *Yaruquí*, se verà, que conviene una medida con otra. El temperamento medio de la Base de *Yaruquí* lo observamos de 1023 en el Thermometro de *M. de Reaumur*; y el de la Base de *Cuenca* de 1016; cuya diferencia es de 7 partes, ò grados; à las quales corresponden segun el Libro IV. de la dilatacion de los Metales  $\frac{18\frac{1}{2}}{100}$  de linea de dilatacion en cada toefa; luego à las 6197 les corresponderàn 7 pies 11 $\frac{1}{2}$  pulgadas; de donde quitando 6 pies 1 pulgada de la diferencia antecedente, quedaràn solamente 1 piè 10 $\frac{1}{2}$  pulgadas de diferencia, despues de una Série de triangulos tan larga.

Des-



Despues de medida la Base de *Cuenca*, y examinada por las Latitudes de esta Ciudad, y la de *Yaruquí*, que nuestra Sèrie de triangulos no comprehendia aun tres grados de Meridiano, nos pareció que debiamos prolongarla por la parte del Norte hasta que comprehendiera à lo menos dichos tres grados. Algunos han procurado persuadirnos à que no se debe medir mas de un grado de Meridiano para que su conclusion salga menos erronea; pero muy al contrario otros con razones mas sólidas tienen por cierto, que quanto mas larga se hiciesse la medida: esto es, quanto mas grande fuere el arco que se midiere, mas exacta se tendrá la conclusion del grado. Para vér esto patentemente no es necesario mas, que atender à que el yerro, que se puede cometer en la conclusion del grado, no puede proceder mas, que de los que se cometieren en las Observaciones Astronómicas, ò determinacion de la amplitud del arco, y de los que resultaren en la medida geometrica: estos poniendonos en el peor caso, se pueden aumentar proporcionalmente à la magnitud de la medida; pero dividiendo ésta despues por la amplitud del arco, para concluir el valor del grado, disminuyen dichos yerros en la misma razon, que antes se aumentaron; y así por lo tocante à estos, no nos darán mas, ni menos exacta la conclusion del grado, que se mida grande, ò pequeño el arco de Meridiano. No resulta lo propio de los que se cometieren en las Observaciones Astronómicas, pues estos no pueden aumentar, ni disminuir, porque sea pequeña, ò grande la amplitud del arco; y como al dividir por ésta la longitud del mismo, para concluir el valor del grado hayan de disminuirse segun fuere mas grande dicho arco, es evidente, que quanto mas grande se midiere éste, me-  
nos



nos sensibles seràn los yerros en la conclusion del grado.

Estas reflexiones nos determinaron, como he dicho, à prolongar la Série de triangulos, hasta que comprehendiesse à lo menos tres grados: y para ello le añadimos por la parte del Norte los triangulos, que se figuen.

### 30. Triangulo.

Señales	Angulos observados	Angulos corregidos.
E Guápulo	72° 53' 15 $\frac{1}{2}$ "	72° 54' 10"
C Pambamarca	32 01 15	32 01 30
¿ Campanario	75 02 20	75 04 20
	179 56 50 $\frac{1}{2}$	180 00 00

#### 31.

C Pambamarca	96 21 10	96 21 12
¿ Campanario	38 07 36	38 07 38
Φ Cosm	45 31 08 $\frac{1}{2}$	45 31 10
	179 59 54 $\frac{1}{2}$	180 00 00

#### 32.

¿ Campanario	38 02 27	38 02 27
Φ Cosm	75 42 01 $\frac{1}{2}$	75 42 01 $\frac{1}{2}$
ψ Cuicòcha	66 15 49	66 15 31 $\frac{1}{2}$
	180 00 17 $\frac{1}{2}$	180 00 00

#### 33.

Φ Cosm	59 48 00	59 48 04
ψ Cuicòcha	82 20 59	82 21 03
ω Mira	37 50 49	37 50 53
	179 59 48	180 00 00

Con



Con los angulos de todos estos triangulos observados, comprobados, y corregidos, y con la Base de *Yaruquí* de 6274 toefas, y 6 pulgadas entraremos à calcular el valor de todos los lados de la parte occidental de la *Série*, para con ellos determinar despues el valor del arco terrestre, que comprehende.

## Resolucion de los Triangulos.

### 1. Triangulo.

ACB  $38^{\circ} 36' 46''$   
 ABC  $77 35 32$   
 AB 6274  $\frac{1}{12}$  toefas  
 AC 9819 +

3.

CED  $67^{\circ} 17' 33\frac{1}{2}''$   
 CDE  $65 39 42$   
 CD 16056 + toefas  
 CE 15859 -

5.

EGF  $36 33 54$   
 EFG  $74 00 12$   
 EF 13613 - toefas  
 EG 21965.864 +

7.

GIH  $77 15 32\frac{1}{2}$   
 GHI  $66 29 34\frac{1}{2}$   
 GH 13651 - toefas  
 GI 12834 -

### 2. Triangulo.

ADC  $36^{\circ} 02' 30''$   
 CAD  $74 10 58$   
 AC 9819 + toefas  
 CD 16056 +

4.

CFE  $59^{\circ} 53' 50''$   
 ECF  $47 57 18$   
 CE 15859 - toefas  
 EF 13613 -

6.

EHG  $83 01 24$   
 GEH  $38 05 10$   
 EG 21965.864 + toefas  
 GH 13651 -

8.

GKI  $39 52 59\frac{1}{2}$   
 GIK  $73 23 35$   
 GI 12834 - toefas  
 GK 19179.609 +



9.		10.	
GLK	94° 06' 28"	KML	58° 56' 27"
KGL	41 36 45	KLM	60 31 34
GK	19179.609 + toefas	KL	12770 — toefas
KL	12770 —	KM	12978 —
11.		11.	
KNM	49 18 11½	KNM	49 18 11½
KMN	78 23 42	MKN	52 18 06½
KM	12978 — toefas	KM	12978 — toefas
KN	16767.152 —	MN	13544 —
12.		13.	
MON	71 17 36	NPO	35 10 20
NMO	34 48 21	NOP	68 53 18
MN	13544 — toefas	NO	8162 — toefas
NO	8162 —	NP	13218.061 —
13.		14.	
NPO	35 10 20	OQP	73 24 27
ONP	75 56 22	POQ	34 29 33
NO	8162 — toefas	OP	13745 — toefas
OP	13745 —	PQ	8122 —
15.		15.	
PRQ	76 49 05	PRQ	76 49 05
PQR	54 19 15	QPR	48 51 40
PQ	8122 — toefas	PQ	8122 — toefas
PR	6775.772 +	QR	6282 +
16.		17.	
OSR	27 47 57	RTS	41 03 30
RQS	60 49 38	SRT	67 20 35
QR	6282 + toefas	RS	11761 + toefas
RS	11761 +	RT	16524.693 +



17.		18.	
RTS	41° 03' 30"	SVT	67° 48' 25"
SRT	71 35 55	TSV	63 39 55
RS	11761+ toefas	ST	16991—toefas
ST	16991—	TV	16446+
19.		19.	
TUV	80 30 29	TUV	80 30 29
TVU	52 00 56	VTU	47 28 35
TV	16446+ toefas	TV	16446+ toefas
TU	13142.313+	VU	12289—
20.		21.	
VXU	61 12 29	UYX	57 50 47
UVX	71 00 57	UXY	55 40 46
VU	12289—toefas	UX	13260—toefas
UX	13260—	UY	12935.128—
21.		22.	
UYX	57 50 47	XZY	56 32 06 $\frac{1}{2}$
XUX	66 28 27	YXZ	78 05 57 $\frac{1}{2}$
UX	13260—toefas	XY	14360+ toefas
XY	14360+	YZ	16844—
23.		23.	
Y <sup>a</sup> Z	77 11 31	Y <sup>a</sup> Z	77 11 31
YZ <sup>a</sup>	51 55 22	ZY <sup>a</sup>	50 53 07
YZ	16844—toefas	YZ	16844—toefas
Y <sup>a</sup>	13597.398—	Z <sup>a</sup>	13402+
24.		25.	
Z <sup>β</sup> a	72 21 23 $\frac{1}{2}$	aγβ	44 27 07
aZ <sup>β</sup>	56 59 44	aβγ	48 53 44
Z <sup>a</sup>	13402+ toefas	aβ	11794+ toefas
aβ	11794+	aγ	12690.320+



25.		26.	
$\alpha\gamma\beta$	$44^{\circ} 27' 07''$	$\beta\delta\gamma$	$85^{\circ} 23' 30''$
$\beta\alpha\gamma$	86 39 09	$\gamma\beta\delta$	47 24 46
$\alpha\beta$	11794+ toefas	$\beta\gamma$	16813—toefas
$\beta\gamma$	16813—	$\gamma\delta$	12419—
27.		27.	
$\gamma\pi\delta$	61 57 22	$\gamma\pi\delta$	61 57 22
$\gamma\delta\pi$	32 55 17	$\delta\gamma\pi$	85 07 21
$\gamma\delta$	12419—toefas	$\gamma\delta$	12419—toefas
$\gamma\pi$	7647.190+—	$\delta\pi$	14020—
28.		29.	
$\delta\theta\pi$	59 05 22	$\pi\epsilon\theta$	66 06 35
$\pi\delta\theta$	33 40 21	$\pi\theta\epsilon$	93 20 09
$\delta\pi$	14020—toefas	$\pi\theta$	9060—toefas
$\pi\theta$	9060—	$\pi\epsilon$	9892.084+—
30.		30.	
$C\zeta E$	75 04 20	$C\zeta E$	75 04 20
$EC\zeta$	32 01 30	$CE\zeta$	72 54 10
$EC$	15859—toefas	$EC$	15859—toefas
$E\zeta$	8703.393+—	$C\zeta$	15687+—
31.		32.	
$C\Phi\zeta$	45 31 10	$\zeta\psi\Phi$	66 15 31 $\frac{1}{2}$
$\zeta C\Phi$	96 21 12	$\zeta\Phi\psi$	75 42 01 $\frac{1}{2}$
$C\zeta$	15687+ toefas	$\zeta\Phi$	21851+ toefas
$\zeta\Phi$	21851+—	$\zeta\psi$	23132.220+—
32.		33.	
$\zeta\psi\Phi$	66 15 31 $\frac{1}{2}$	$\Phi\omega\psi$	37 50 53
$\Phi\zeta\psi$	38 02 27	$\psi\Phi\omega$	59 48 04
$\zeta\Phi$	21851+ toefas	$\Phi\psi$	14710+ toefas
$\Phi\psi$	14710+—	$\psi\omega$	20721.275

Del calculo antecedente se deduce la tabla, que se sigue.

Ta-



## Tabla de las distancias , que entre si tienen las Señales occidentales de la Série de Triangulos.

De <i>Mira</i> ( $\omega$ ) à <i>Cuichocha</i> ( $\psi$ )	20721.275 toefas
<i>Cuichocha</i> ( $\psi$ ) à <i>Campanario</i> ( $\zeta$ )	23132.220
<i>Campanario</i> ( $\zeta$ ) à <i>Guápulo</i> (E)	8703.392
<i>Guápulo</i> (E) al <i>Corazòn</i> (G)	21965.864
<i>Corazòn</i> (G) à <i>Milín</i> (K)	19179.609
<i>Milín</i> (K) à <i>Chulápu</i> (N)	16767.152
<i>Chulápu</i> (N) à <i>Chichichoco</i> (P)	13218.061
<i>Chichichoco</i> (P) à <i>Guayàma</i> (R)	6775.772
<i>Guayàma</i> (R) à <i>Sisà-Pòngo</i> (T)	16524.693
<i>Sisà-Pòngo</i> (T) à <i>Lanlangùso</i> (U)	13142.313
<i>Lanlangùso</i> (U) à <i>Chusai</i> (Y)	12935.128
<i>Chusai</i> (Y) à <i>Sinasaguàn</i> ( $\alpha$ )	13597.398
<i>Sinasaguàn</i> ( $\alpha$ ) à <i>Bueràn</i> ( $\gamma$ )	12690.320
<i>Bueràn</i> ( $\gamma$ ) à <i>Surampálte</i> ( $\pi$ )	7647.190
<i>Surampálte</i> ( $\pi$ ) à <i>la Torre de Cuenca</i> ( $\epsilon$ )	9892.084

### CAPITULO IV.

*De la reduccion de las distancias occidentales de la Série  
de triangulos à horizontales.*

**P**Or ser el terreno del Reyno de *Quito* muy montuoso,  
y quebrado , las unas Señales estaban muy elevadas  
respetto de las otras , y sus distancias asignadas se midieron  
por consiguiente en distintos planos ; es pues preciso redu-  
cir-



a Fig. 6  
Lam. 7

circlas à uno mismo , que será el horizontal : y para ello sea  $AB^a$  la distancia de una Señal à otra ; T el centro de la Tierra , ò punto donde se juntan las perpendiculares à los Horizontes de las Señales A, y B ; y el angulo ATB será el *angulo en el centro de la Tierra* , que yà se dixo se hallará su valor en segundos , partiendo la distancia AB en toefas por 16. Tirese AC, BD perpendiculares à AT, TB ; y el angulo BAC será el de altura de la Señal B vista de A ; y el DBA el de la deprefion de la Señal A vista de B. Tirese tambien AE de fuerte, que el triangulo AET sea yfósceles; y EB será la altura de la Señal B, fobre la horizontal de la Señal A; y AE su distancia horizontal al nivèl de la Señal A.

Por la construccion de la figura es evidente , que  $BEA = 90^\circ + \frac{ETA}{2}$  ; y tambien  $CAE = \frac{ETA}{2}$  ; luego ABE (complemento de la deprefion DBA)  $= 90^\circ - BAC - ATE$  ; y DBA (angulo de la deprefion)  $= BAC$  (angulo de la altura)  $+ ATE$  : esto es , el angulo de deprefion es mayor , que el de altura del *angulo en el centro de la Tierra* ATE ; y para hallar la distancia horizontal AE tendrèmos siempre esta analogía.

$$BEA = 90^\circ + \frac{ETA}{2}, \text{ es à}$$

$$ABE \text{ (complem. de la depref.)} = 90 - BAC \text{ (ang. de alt.)} - ATE: \text{ como}$$

BA distancia de una Señal à otra , à

AE su distancia horizontal.

Los angulos de altura de las Señales las unas respeto de las otras, que observamos (segun dixe en el Lib. 2 pag. 49) desde los propios sitios, con todo cuydado, y atencion, son los que se siguen.



Tabla de los angulos de altura de unas  
Señales respecto de otras, que son necessa-  
rios para el calculo de los  
triangulos.

	Angulos de altura, o depression.
De <i>Mira</i> ( $\omega$ ) se observò <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ )	2° 01' 05" alt.
<i>Campanario</i> ( $\xi$ ) <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ )	0 21 39
<i>Cosìn</i> ( $\Phi$ )	0 22 55
<i>Guàpulo</i> (E)	1 56 10 dep.
<i>Guàpulo</i> (E), <i>Campanario</i> ( $\xi$ )	1 46 35 alt.
<i>el Corazòn</i> (G)	1 34 15½
<i>Oyambàro</i> (A) <i>Pambamarca</i> (C)	4 20 29
<i>Tanlagua</i> (D)	1 18 30
<i>el Corazòn</i> (G) <i>Milìn</i> (K)	1 24 35 dep.
<i>Milìn</i> (K) <i>el Corazòn</i> (G)	1 05 42½ alt.
<i>Chulàpu</i> (N)	0 24 35
<i>Chulàpu</i> (N) <i>Milìn</i> (K)	42 03 dep.
<i>Chichichoco</i> (P)	39 55
<i>Chichichoco</i> (P) <i>Chulàpu</i> (N)	27 05 alt.
<i>Guayàma</i> (R)	3 29 35
<i>Guayàma</i> (R) <i>Sisa-Pòngo</i> (T)	0 38 52 dep.
<i>Sisa-Pòngo</i> (T) <i>Guayàma</i> (R)	0 22 47 alt.
<i>Lanlanguso</i> (U)	0 29 45
<i>Lanlanguso</i> (U) <i>Sisa-Pòngo</i> (T)	0 42 35 dep.
<i>Chusàì</i> (Y)	1 20 05
<i>Sèsgum</i> (V) <i>Lanlanguso</i> (U)	1 52 20 alt.
<i>Chusàì</i> (V) <i>Lanlanguso</i> (U)	07 50½
<i>Sinasaguàn</i> ( $\alpha$ )	29 02

De



De Sinafaguàn ( $\alpha$ ) Chusai ( $\gamma$ )	1° 42' 24" dep.
Bueran ( $\gamma$ )	43 04
Bueràn ( $\gamma$ ) Sinafaguàn ( $\alpha$ )	30 42 alt.
Surampálte ( $\pi$ )	14 38 dep.
Yasuai ( $\delta$ ) Bueràn ( $\gamma$ )	0 21 08 alt.
Surampálte ( $\pi$ ) Bueràn ( $\gamma$ )	1 07 07 $\frac{1}{2}$
la Torre de Cuenca	2 55 27 $\frac{1}{2}$ dep.

### Reduccion de los lados à horizontales.

Lado  $\omega\psi = 20721.275$  toefas

De Mira ( $\omega$ ) altura de Cuicòcha ( $\psi$ ) <sup>a</sup>	2° 01' 05"
Angulo en el centro de la Tierra	0 21 35
De Cuicòcha ( $\psi$ ) deprefion de Mira ( $\omega$ )	2 22 40
Su complemento	87 37 20

Analogía.

$$90^\circ 10' 47\frac{1}{2}'' : 87^\circ 37' 20'' = (\omega\psi) 20721.275 : \\ (\omega\psi \text{ horizontal}) 20703.536$$

Lado  $\psi\zeta = 23132.220$

De Campanario ( $\zeta$ ) altura de Cuicòcha ( $\psi$ )	0° 21' 39"
Angulo en el centro de la Tierra	0 24 06
De Cuicòcha ( $\psi$ ) depref. de Campanario ( $\zeta$ )	0 45 45
Su complemento	89 14 15
$90^\circ 12' 03'' : 89^\circ 14' 15'' = (\psi\zeta) 23132.220 :$	
$(\psi\zeta \text{ horizontal}) 23130.299$	

La-

a. Estas alturas debieran corregirse de la refraccion terrestre, que las altera. Por varias observaciones, que se hicieron de alturas, y deprefiones de las Señales en toda la Sèrie de triangulos, procuré deducir la refraccion, que le correspondia à cada Señal respecto de su altura, y distancia; pero hallè tal variedad en ello, que algunas observaciones daban la refraccion negativa, ò contraria de lo que debian: por cuyo motivo, è inducir poco yerro el tomar un minuto mas, ò menos grandes estos angulos para las operaciones que se siguen, me pareció omitirlas; no obstante en la ocasion, que se observò altura, y deprefion de Señales correspondientes, tomó un medio entre las dos, que es lo propio, que emplear la refraccion.



Lado  $\zeta E = 8703.393$ De *Guápulo* (E) altura de *Campanario* ( $\zeta$ )  $1^{\circ} 46' 35''$ *Angulo en el centro de la Tierra*  $0^{\circ} 09' 04''$ De *Campanario* ( $\zeta$ ) deprefion de *Guápulo* (E)  $1^{\circ} 55' 39''$ Observada se hallò  $1^{\circ} 56' 10''$ Medio entre las dos  $1^{\circ} 55' 55''$ Su complemento  $88^{\circ} 04' 05''$  $90^{\circ} 04' 32'' : 88^{\circ} 04' 05'' = (\zeta E) 8703.393:$  $(\zeta E \text{ horizontal}) 8698.453$ Lado  $EG = 21965.864$ De *Guápulo* (E) altura del *Corazòn* (G)  $1^{\circ} 34' 15\frac{1}{2}''$ *Angulo en el centro de la Tierra*  $0^{\circ} 22' 53''$ Del *Corazòn* (G) deprefion de *Guápulo* (E)  $1^{\circ} 57' 08\frac{1}{2}''$ Su complemento  $88^{\circ} 02' 51\frac{1}{2}''$  $90^{\circ} 11' 26\frac{1}{2}'' : 88^{\circ} 02' 51\frac{1}{2}'' = (EG) 21965.864:$  $(EG \text{ horizontal}) 21953.234$ Lado  $GK = 19179.609$ De *Milìn* (K) altura del *Corazòn* (G)  $1^{\circ} 05' 42\frac{1}{2}''$ *Angulo en el centro de la Tierra*  $0^{\circ} 19' 59''$ Del *Corazòn* (G) deprefion de *Milìn* (K)  $1^{\circ} 25' 41\frac{1}{2}''$ Observada se hallò  $1^{\circ} 24' 35''$ Medio entre las dos  $1^{\circ} 25' 08''$ Su complemento  $88^{\circ} 34' 52''$  $90^{\circ} 09' 59\frac{1}{2}'' : 88^{\circ} 34' 52'' = (GK) 19179.609:$  $(GK \text{ horizontal}) 19173.809.$ Lado  $KN = 16767.152$ De *Milìn* (K) altura de *Chulàpu* (N)  $0^{\circ} 24' 35''$ *Angulo en el centro de la Tierra*  $0^{\circ} 17' 28''$ 

Z

De



De <i>Chulàpu</i> (N) deprefion de <i>Milìn</i> (K)	0° 42' 03"
Observada se hallò	0 40 40
Medio entre las dos	0 41 21½
Su complemento	89 18 38½
90° 08' 44" : 89° 18' 38½" = (KN) 16767.152:	
(KN horizontal) 16765.992	

Lado NP = 13218.061

De <i>Chichichòco</i> (P) altura de <i>Chulàpu</i> (N)	0° 27' 05"
<i>Angulo en el centro de la Tierra</i>	0 13 46
De <i>Chulàpu</i> (N) deprefion de <i>Chichichòco</i> (P)	0 40 51
Observada se hallò	0 39 55
Medio entre las dos	0 40 23
Su complemento	89 19 37
90° 06' 53" : 89° 19' 37" = (NP) 13218.061:	
(NP horizontal) 13217.175	

Lado PR = 6775.772

De <i>Chichichòco</i> (P) altura de <i>Guayàma</i> (R)	3° 29' 35"
<i>Angulo en el centro de la Tierra</i>	0 07 03½
De <i>Guayàma</i> (R) depref. de <i>Chichichòco</i> (P)	3 36 38½
Su complemento	86 23 21½
90° 03' 31¼" : 86° 23' 21½" = (PR) 6775.772:	
(PR horizontal) 6762.335	

Lado RT = 16524.693

De <i>Sisa-Pòngo</i> (T) altura de <i>Guayàma</i> (R)	0° 22' 47"
<i>Angulo en el centro de la Tierra</i>	0 17 13
De <i>Guayàma</i> (R) depref. de <i>Sisa-Pòngo</i> (T)	0 40 00
Observada se hallò	0 38 52
Medio entre las dos	0 39 26
Su complemento	89 20 34
90° 08' 36½" : 89° 20' 34" = (RT) 16524.693:	
(RT horizontal) 16523.658	



Lado TU = 13142.313

De Sisa-Pòngo (T) altura de Lanlangùso (U) 0° 29' 45"

*Angulo en el centro de la Tierra* 0 13 41

De Lanlangùso (U) depref. de Sisa-Pòngo (T) 0 43 26

Observada se hallò 0 42 35

Medio entre las dos 0 43 00<sup>1</sup>/<sub>2</sub>Su complemento 89 16 59<sup>1</sup>/<sub>2</sub>90° 06' 50<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" : 89° 16' 59<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" = (TU) 13142.313:

(TU horizontal) 13141.311

Lado UY = 12935.128

De Chufai (Y) altura de Lanlangùso (U) 1° 07' 50"

*Angulo en el centro de la Tierra* 0 13 28

De Lanlangùso (U) depref. de Chufai (Y) 1 21 19

Observada se hallò 1 20 05

Medio entre las dos 1 20 42

Su complemento 88 39 18

90° 06' 44<sup>1</sup>/<sub>3</sub>" : 88° 39' 18" = (UY) 12935.128:

(UY horizontal) 12931.589

Lado Ya = 13597.398

De Chufai (Y) altura de Sinafaguàn (a) 1° 29' 02"

*Angulo en el centro de la Tierra* 0 14 10

De Sinafaguàn (a) depref. de Chufai (Y) 1 43 12

Observada se hallò 1 42 24

Medio entre las dos 1 42 48

Su complemento 88 17 12

90° 07' 05" : 88° 17' 12" = (Ya) 13597.398:

(Ya horizontal) 13591.351



Lado  $\alpha\gamma = 12690.320$

De Bueràn ( $\gamma$ ) altura de Sinasaguàn ( $\alpha$ )  $1^{\circ} 30' 42''$

Angulo en el centro de la Tierra  $0 13 13$

De Sinasaguàn ( $\alpha$ ) deprefion de Bueràn ( $\gamma$ )  $1 43 55$

Observada se hallò  $1 43 04$

Medio entre las dos  $1 43 29\frac{1}{2}$

Su complemento  $88 16 30\frac{1}{2}$

$90^{\circ} 06' 36\frac{1}{2}'' 88^{\circ} 16' 30\frac{1}{2}'' = (\alpha\gamma) 1269.320:$

( $\alpha\gamma$  horizontal)  $12684.594$

Lado  $\gamma\pi = 7647.190$

De Surampálte ( $\pi$ ) altura de Bueràn ( $\gamma$ )  $1^{\circ} 07' 07\frac{1}{2}''$

Angulo en el centro de la Tierra  $0 07 58$

De Bueràn ( $\gamma$ ) deprefion de Surampálte ( $\pi$ )  $1 15 05\frac{1}{2}$

Observada se hallò  $1 14 38$

Medio entre las dos  $1 14 51\frac{3}{4}$

Su complemento  $88 45 08\frac{1}{4}$

$90^{\circ} 03' 59'' : 88^{\circ} 45' 08\frac{1}{4}'' = (\gamma\pi) 7647.190:$

( $\gamma\pi$  horizontal)  $7645.400$

Lado  $\pi\epsilon = 9892.084$

De Surampálte ( $\pi$ ) depr.de la Torre de Cuenca  $2^{\circ} 55' 27\frac{1}{2}''$

Su complemento  $87 04 32\frac{1}{2}$

Angulo en el centro de la Tierra  $0 10 18$

$90^{\circ} 05' 09'' : 87^{\circ} 04' 32\frac{1}{2}'' = (\pi\epsilon) 9892.084:$

( $\pi\epsilon$  horizontal)  $9879.214$

Del calculo antecedente se deduce la tabla, que se sigue.

Ta-



Tabla de las distancias horizontales de unas  
Señales à otras : esto es , al nivèl de la Señal  
mas baxa de las dos de quienes se dà  
la distancia.

De Mira ( $\omega$ ) à Cuicòcha ( $\Psi$ )	20703.536 toefas
Cuicòcha ( $\Psi$ ) à Campanario ( $\zeta$ )	23130.299
Campanario ( $\zeta$ ) à Guàpulo (E)	8698.453
Guàpulo (E) al Corazòn (G)	21953.245
el Corazòn (G) à Milìn (K)	19173.809
Milìn (K) à Chulàpu (N)	16765.992
Chulàpu (N) à Chichichoco (P)	13217.175
Chichichoco (P) à Guayàma (R)	6762.335
Guayàma (R) à Sisà-Pòngo (T)	16529.658
Sisà-Pòngo (T) à Lanlangùso (U)	13141.311
Lanlangùso (U) à Chusàì (Y)	12931.589
Chusàì (Y) à Sinasaguàn ( $\alpha$ )	13591.351
Sinasaguàn ( $\alpha$ ) à Bueràn ( $\gamma$ )	12684.594
Bueràn ( $\gamma$ ) à Surampálte ( $\pi$ )	7645.400
Surampálte ( $\pi$ ) à la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )	9879.214

## CAPITULO V.

*De las Observaciones de Azimuth del Sol ; y deduccion de las  
inclinaciones de los lados de los triangulos respeto  
del Meridiano.*

**D**E las distancias horizontales concluídas , es preciso  
deducir las distancias entre los Paralelos de todas  
las Señales ; cuya suma darà la longitud del arco de Meri-  
dia-



diano terrestre : pero para este efecto , es preciso conocer las inclinaciones de los lados occidentales de los triangulos , respecto del Meridiano ; para lo qual se hicieron en el discurso de la obra las observaciones de los angulos Azimuthales , que el Sol formaba con las Señales mas inmediatas , que se figuen.

El dia 25 de Noviembre de 1736 desde la Señal de *Oyambàro* (A) *M. Godin* observò , teniendo el centro del Sol  $11^{\circ} 40' 55''$  de altura , el angulo entre el limbo Septentrional del Sol , y la Señal de *Pambamarca* (C) de  $66^{\circ} 28' 38''$ .

En la Estereographica proyeccion de la Esphera , sobre el plano del Meridiano, sean

a Fig. 7  
Lam. 6

HR<sup>a</sup> el Horizonte

NS el Exe de la Esphera

RS la altura de Polo de *Oyambàro*

Z el Zenith

P la Señal de *Pambamarca*

O el centro del Sol

PZ será el complemento de la altura de *Pambamarca* sobre el Horizonte

OZ el complemento de la altura del Sol sobre el Horizonte; y la porcion del circulo maximo PO comprehenderà los grados del angulo observado entre la Señal de *Pambamarca* , y el Sol.

En el triangulo PZO conocidos los tres lados, se puede venir en conocimiento del angulo horizontal PZO. Y en el triangulo OZS , siendo SZ el complemento de la Latitud de *Oyambàro* , y SO el complemento de la Declinacion del Sol à la hora de la observacion , se tienen conocidos los tres lados ; luego se conocerà el angulo Azimuthal OZS , que

aña-



añadido à PZO, darà el angulo PZS, que el Azimuth de *Pambamarca* formaba con el Meridiano, ò la inclinacion de la Señal con el Meridiano, que es lo que se desea.

### Calculo.

Altura del centro del Sol	11° 40' 55"
Refraccion substractiva	0 4 40
Altura verdadera del centro del Sol	11 36 15
Altura de la Señal de <i>Pambamarca</i>	4 20 29
Angulo observado del limbo Sept. del Sol	66 28 38
Semidiamet. aparente del Sol de <i>M. Louville</i>	00 16 15
Angulo observado del centro del Sol	66 44 53

Complemento de la alt. del centro del Sol	78 23 45
de <i>Pambamarca</i>	85 39 31
Angulo observado del centro del Sol	66 44 53
Suma	230 48 09
Semifuma	115 24 04½
Diferencia primera	37 00 19½
segunda	29 44 33½
Seno del angulo $\frac{\text{PZO}}{2}$	23 34 04

luego angulo horizontal entre la Señal de *Pambamarca*, y el centro del Sol 67° 08' 08".

Complemento de la alt. del centro del Sol	78 23 45
Latitud de <i>Oyambàro</i> <sup>a</sup>	89 48 40
Declinacion del Sol à la hora de la observ. <sup>b</sup>	69 06 13

Su-

b. Para calcular la Declinacion del Sol se tomò la maxima de 23° 28' 20" conforme à lo que se determinò en el Libro primero pag.18.

<sup>a</sup> Lib. 2.  
pag.36.



Suma	237	18	38
Semifuma	118	39	19
Diferencia primera	40	15	34
segunda	28	50	39

Seno del angulo $\frac{OZS}{2}$	34	20	34
---------------------------------	----	----	----

luego angulo Azimuthal del centro del Sol à la hora de la Observacion  $68^{\circ} 41' 08''$ ;

que añadido à el angulo horizontal entre la Señal de *Pambamarca*, y el centro del Sol  $67^{\circ} 08' 08''$ , tendremos el angulo PZS de  $135 49 16$

cuyo suplemento dà la inclinacion de la Señal de *Pambamarca* del Norte al Este, ò el angulo HZP de  $44 10 44$

a Fig. 10  
Lam. 4

El dia 26 de Noviembre del mismo año desde la propia Señal de *Oyambàro* (A) <sup>a</sup> *M. Godin* observò, teniendo de altura el centro del Sol  $11^{\circ} 44' 35''$ , el angulo entre el limbo Septentrional del Sol, y la Señal de *Pambamarca* (C) de  $66^{\circ} 39' 28''$

Los datos para este calculo son

Altura del centro del Sol	11	44	35
Refraccion substractiva	00	4	39
Altura verdadera del Sol	11	39	56
Angulo observado del limbo Sept. del Sol	66	39	28
Semidiametro aparente de <i>M. de Louville</i>	00	16	15
Angulo observado del centro del Sol	66	55	43

El complem. de la altura de *Pambamarca* (C)  $85 39 31$

Latitud de *Oyambàro* (A)  $89 48 40$

Declinacion del Sol  $68 54 52$

Con los quales, haciendo el calculo como en el antecedente,



te, se hallará la inclinacion de *Pambamarca* del Norte al Este, ò el angulo HZP<sup>a</sup> de

44° 11' 30"

<sup>a</sup>Fig. 7  
Lam. 6

El mismo dia 26 de Noviembre desde la propia Señal de *Oyambáro* (A)<sup>b</sup> *M. Godin*, *Don Antonio de Ulloa*, y yo, teniendo de altura el centro del Sol 1° 46' 30", observamos el angulo entre el limbo Septentrional del Sol, y la Señal de *Tanlágua* (D) de

80° 49' 27½"

<sup>b</sup>Fig. 10  
Lam. 4

Los datos para el calculo son

Altura del centro del Sol	1° 46' 30"
Refraccion substractiva	0 22 37
Altura verdadera del centro del Sol	1 23 53
Altura de <i>Tanlágua</i> (D)	1 18 30
Angulo observado del limbo Sept. del Sol	80 49 27½
Semidiam. aparente del Sol de <i>M. de Louville</i>	0 16 15
Angulo observado del centro del Sol	81 05 42½
El complem. de la Latitud de <i>Oyambáro</i> (A)	89 48 40
Declinacion del Sol	68 49 44

Con los quales haciendo el calculo, se hallará la inclinacion de *Tanlágua* (D) del Norte al Oeste de

30° 03' 01"

El dia 21 de Febrero de 1739 desde la Señal de *Sèsfugum* (V), estando el Sol, y la Señal de *Lanlangùso* (U) dentro del mismo anteojo, observamos *M. Godin*, y yo con el Micrometro, el angulo que formaba el limbo Septentrional del Sol con dicha Señal de

00° 21' 35½"

Los datos para el calculo son

La Latitud de <i>Sèsfugum</i> (V) calculada es de	1° 52' 12"
La altura de la Señal de <i>Lanlangùso</i> (U) que es la misma, que la del centro del Sol	1 52 20
Refraccion substractiva	0 21 57
Altura verdadera del centro del Sol	1 30 23
El complemento de la Declinacion del Sol	79 34 15

Aa

Con



Con los quales, haciendo el calculo, se hallará la inclinacion de *Lanlangüfo* (U) del Sur al Oeste de  $80^{\circ} 14' 31''$

El dia 8 de Julio de 1739 desde la Señal de *Yafuaí* ( $\delta$ ), *M. Godin*, y yo observamos el angulo entre el limbo Meridional del Sol, y la Señal de *Buerán* ( $\gamma$ ), estando el Sol à la parte Meridional de la Señal, de  $2^{\circ} 30' 49''$

Los datos para el calculo son

Altura de la Señal de <i>Buerán</i> ( $\gamma$ ), que es la misma que la del centro del Sol	$0^{\circ} 21' 08''$
Refraccion substractiva	$0 31 08$
Verdadera depresion del Sol	$0 10 00$
Latitud de <i>Yafuaí</i> , ( $\delta$ ) calculada	$2 41 46$
Declinacion del Sol	$22 29 19$
Semidiametro aparente del mismo	$00 15 47$
Con los quales, haciendo el calculo, se hallará la inclinacion de <i>Buerán</i> ( $\gamma$ ) del Norte al Oeste de	$65^{\circ} 14' 36''$

El dia 20 de Febrero de 1744 desde la Señal de *Campanario* ( $\zeta$ ) teniendo de altura el Sol  $1^{\circ} 45' 06''$ , observè el angulo entre el limbo Meridional del Sol, y la Señal de *Cosin* ( $\phi$ ) de  $40^{\circ} 28' 13''$

Los datos para el calculo son

Altura del centro del Sol	$1 45 06$
Refraccion substractiva	$0 22 46$
Altura verdadera del centro del Sol	$1 22 20$
Altura de <i>Cosin</i> ( $\phi$ )	$00 22 55$
Angulo observado del limbo Merid. del Sol	$40 28 13$
Semidiametro aparente del mismo	$00 16 13$
Angulo observado del centro del Sol	$40 12 00$
Latitud de <i>Campanario</i> , ( $\zeta$ ) Sur calculada	$00 02 30$
Declinacion del Sol	$11 01 41\frac{1}{2}$
Con los quales, haciendo el calculo, se hallará la inclinacion	



cion de  $\text{Cosin } (\phi)$  del Norte al Este de  $60^{\circ} 50' 16''$

De las seis Observaciones se han deducido las inclinaciones, que se siguen.

1	} De <i>Oyambàro</i> (A) <i>Pambamarca</i> (C) del N. al E.	{	44°	10'	44"
2			44	11	30
3	<i>Tanlàgua</i> (D) del N. al O.		30	03	01
4	De <i>Sèsgum</i> (V) <i>Lanlanguso</i> (U) del S. al O.		80	14	31
5	De <i>Yasuai</i> ( $\delta$ ) <i>Bueràn</i> ( $\gamma$ ) del N. al O.		65	14	36
6	De <i>Campanario</i> ( $\zeta$ ) $\text{Cosin } (\phi)$ del N. al E.		60	50	16

Estas cinco inclinaciones no son suficientes, para calcular todas las distancias entre los paralelos de las Señales: es preciso saber todas las inclinaciones de los lados occidentales de la Série de triangulos; las quales se pueden deducir, añadiendo à una inclinacion dada la suma de los tres angulos, formados en una Señal, y tomando el suplemento: esto es, si se tiene conocida la inclinacion de  $\psi\zeta$ , y se le agregan los tres angulos  $\psi\zeta\phi$ ,  $\phi\zeta C$ ,  $C\zeta E$ , y se toma el suplemento de toda la suma, quedará la inclinacion de  $\zeta E$  del Sur al Este; pero es necesario advertir, que los tres angulos, que se han de agregar, han de ser reducidos à horizontales; por lo que es preciso, para obtener las inclinaciones de todos los lados occidentales, reducir todos los angulos formados en las Señales occidentales à horizontales, y tambien uno formado en *Oyambàro*, y *Pambamarca*, cuya operacion es la misma, que hice para reducir à horizontal el angulo observado entre las Señales, y el Sol en las Observaciones de Azimuth: esto es, si  $P^a$  representa una Señal, y  $O$  otra, el arco de circulo maximo  $PO$  comprehenderà el angulo observado entre las dos Señales  $P, O$ ; y teniendo conocidos los complementos de sus alturas sobre el Horizonte  $PZ, OZ$ , se conoceràn los

a Fig. 7.  
Lam. 6.



tres lados del triangulo PZO, por donde se vendrà en conocimiento del angulo PZO, que es el horizontal, comprendido entre dichas Señales, P, O.

<sup>a</sup> Fig. 10.  
Lam. 4.

Reduccion de los angulos formados en *Cuicòcha* ( $\Psi$ )  
à horizontales.

De <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ ) deprefion de <i>Mira</i> ( $\omega$ )	+90°	92° 22' 40"
<i>Cosìn</i> ( $\Phi$ )	+90	90 09 58
Ang. en <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ ) entre <i>Mira</i> ( $\omega$ ) y <i>Cosìn</i> ( $\Phi$ )		82 21 03
Suma		264 53 41
Semifuma		132 26 50 $\frac{1}{2}$
Diferencia primera		40 04 10 $\frac{1}{2}$
segunda		42 16 52 $\frac{1}{2}$
Seno de la mitad del angulo		41 10 32
luego angulo horizontal en <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ ) entre <i>Mira</i> ( $\omega$ ), y <i>Cosìn</i> ( $\Phi$ )		82 21 04
De <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ ) depref. de <i>Cosìn</i> ( $\Phi$ )	+90°	90 09 58
<i>Campan.</i> ( $\zeta$ )	+90°	90 45 45
Angulo en <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ ) entre <i>Cosìn</i> ( $\Phi$ ), y <i>Campanario</i> ( $\zeta$ )		16 15 31 $\frac{1}{2}$
y figuiendo el calculo se hallarà este angulo reducido à horizontal de		66° 15' 32"

Reduccion de los angulos formados en *Campanario* ( $\zeta$ ) à horizontales.

De <i>Camp.</i> ( $\zeta$ ) compl. de la alt. de <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ )	89° 38' 21"
<i>Cosìn</i> ( $\Phi$ )	89 37 05
Ang. en <i>Camp.</i> ( $\zeta$ ) entre <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ ) y <i>Cosìn</i> ( $\Phi$ )	38 02 27
que dà el horizontal de	38 02 30

De



De <i>Camp.</i> (ζ) comp. de la altura de <i>Cosin</i> (Φ)	89° 37' 05"
<i>Pamba.</i> (C)	89 04 10
Angul. en <i>Camp.</i> (ζ) entre <i>Cosin</i> (Φ) y <i>Pamb.</i> (C)	38 07 38
de donde se deduce el horizontal	38 07 34
De <i>Camp.</i> (ζ) compl. de la altura de <i>Pamb.</i> (C)	89 04 10
depres. de <i>Guápulo</i> (E) + 90°	91 55 55
Ang. en <i>Camp.</i> (ζ) entre <i>Pamb.</i> (C) y <i>Guápul.</i> (E)	75 04 20
de donde se deduce el horizontal	75 01 44

Reduccion del angulo formado en *Oyambáro* (A)  
entre *Pambamárca* (C) y *Tanlàgua* (D)  
à horizontal.

Complemento de la altura de <i>Pambamárca</i> (C)	85° 39' 31"
<i>Tanlàgua</i> (D)	88 41 30
Angulo observado	74 10 58
de donde se deduce el horizontal	74 14 06

Reduccion del angulo formado en *Pambamárca* (C)  
entre *Oyambáro* (A) y *Campanário* (ζ)  
à horizontal.

Complem. de la depres. de <i>Oyambáro</i> (A)	85° 29' 33"
<i>Campanário</i> (ζ)	88 47 50
Angulo observado	54 47 44½
de donde se deduce el horizontal	54 46 38½

Reduccion de los angulos en *Guápulo* (E)

Complem. de la altura de <i>Campanário</i> (ζ)	88° 13' 25"
<i>Pambamárca</i> (C)	88 03 45
Angulo observado	72 54 10
de donde se deduce el horizontal	72 56 50
Complem. de la altura de <i>Pambamárca</i> (C)	88 03 45
<i>Guamaní</i> (F)	87 51 30

An-



Angulo observado	72° 08' 52"
horizontal	72 12 02
Complemento de la altura de <i>Guamanì</i> (F)	87 51 30
<i>el Corazòn</i> (G)	88 25 45
Angulo observado	69 25 54
horizontal	69 28 17

Reduccion de los angulos en el *Corazòn* (G)

Depresion de <i>Guápulo</i> (E) $+90^\circ$	91° 57' 08 $\frac{1}{2}$ "
<i>Chinchulàgua</i> (H) $+90^\circ$	90 48 39
Angulo observado	58 53 26
horizontal	58 53 58

Depresion de <i>Chinchulàgua</i> (H) $+90^\circ$	90 48 39
<i>Limpie-Pòngo</i> (I) $+90^\circ$	90 08 39
Angulo observado	36 14 53
horizontal	36 14 36

Depresion de <i>Limpie-Pòngo</i> (I) $+90^\circ$	90 08 39
<i>Milìn</i> (K) $+90^\circ$	91 25 08
Angulo observado	66 43 25 $\frac{1}{2}$
horizontal	66 43 12

Reduccion de los angulos en *Milìn* (K)

Complemento de la altura del <i>Corazòn</i> (G)	88° 54' 17 $\frac{1}{2}$ "
<i>Papaùrcu</i> (L)	89 56 37
Angulo observado	44 16 47
horizontal	44 16 14

Complemento de la altura de <i>Papaùrcu</i> (L)	89 56 37
<i>Vengotasìn</i> (M)	88 48 40

An-



HECHAS DE ORDEN DE S.M.

191

Angulo observado	60° 31' 59"
horizontal	60 31 39

Complemento de la altura de <i>Vengotasìn</i> (M)	88 48 40
<i>Chulàpu</i> (N)	89 35 25

Angulo observado	52 18 06½
horizontal	52 18 06½

Reduccion de los angulos en *Chulàpu* (N)

Depression de <i>Milìn</i> (K) $\mp 90^\circ$	90° 41' 21½"
---	--------------

Complemento de la altura de <i>Vengotasìn</i> (M)	89 32 45
---	----------

Angulo observado	49 18 11
horizontal	49 17 27

Complemento de la altura de <i>Vengotasìn</i> (M)	89 32 45
---	----------

Depression de <i>Jivicàtsu</i> (O) $\mp 90^\circ$	92 42 50
---	----------

Angulo observado	73 54 03
horizontal	73 51 34

Depression de <i>Jivicàtsu</i> (O) $\mp 90^\circ$	92 42 50
---	----------

<i>Chichichòco</i> (P) $\mp 90^\circ$	90 40 23
---------------------------------------	----------

Angulo observado	75 56 22
horizontal	75 57 18

Reduccion de los angulos en *Chichichòco* (P)

Complemento de la altura de <i>Chulàpu</i> (N)	89° 32' 55"
--	-------------

Depression de <i>Jivicàtsu</i> (O) $\mp 90^\circ$	91 09 19
---	----------

Angulo observado	35 10 20
horizontal	35 08 02

De-



Depresion de <i>Jivicàtsu</i> (O) $+ 90^\circ$	91° 09' 19"
complemento de la altura de <i>Mulmùl</i> (Q)	88 46 55
Angulo observado	72 06 00
horizontal	72 03 28

Complemento de la altura de <i>Mulmùl</i> (Q)	88 46 55
<i>Guayàma</i> (R)	86 30 25
Angulo observado	48 51 40
horizontal	48 51 04

Reduccion de los angulos en *Guayàma* (R)

Depresion de <i>Chichichòco</i> (P) $+ 90^\circ$	93° 36 38 $\frac{1}{2}$
<i>Mulmùl</i> (Q) $+ 90^\circ$	92 17 57 $\frac{1}{2}$
Angulo observado	76 49 05
horizontal	76 56 02

Depresion de <i>Mulmùl</i> (Q) $+ 90^\circ$	92 17 57 $\frac{1}{2}$
<i>Ilmal</i> (S) $+ 90^\circ$	91 34 07 $\frac{1}{2}$
Angulo observado	91 22 25
horizontal	91 26 16

Depresion de <i>Ilmal</i> (S) $+ 90^\circ$	91 34 07 $\frac{1}{2}$
<i>Sifa-Pòngo</i> (T) $+ 90^\circ$	90 39 26
Angulo observado	71 35 55
horizontal	71 36 33

Reduccion de los angulos en *Sifa-Pòngo* (T)

Complemento de la altura de <i>Guayàma</i> (R)	89 37 13
Depresion de <i>Ilmal</i> (S) $+ 90^\circ$	90 39 33
Angulo observado	41 03 30
horizontal	41 02 45

De-



HECHAS DE ORDEN DE S.M. 193

Depression de <i>Ilmal</i> (S) $+ 90^\circ$	90° 39' 33"
<i>Sèsgum</i> (V) $+ 90^\circ$	91 06 33
Angulo observado	48 31 40
horizontal	48 31 55

Depression de <i>Sèsgum</i> (V) $+ 90^\circ$	91 06 33
Complemento de la alt. de <i>Lanlangúfo</i> (U)	89 30 15
Angulo observado	47 28 35
horizontal	47 27 06

Reduccion de los angulos en *Lanlangúfo* (U)

Depression de <i>Sifa-Pòngo</i> (T) $+ 90^\circ$	90 43 00 $\frac{1}{2}$
<i>Sèsgum</i> (V) $+ 90^\circ$	92 04 20
Angulo observado	80 30 29
horizontal	80 32 16

Depression de <i>Sèsgum</i> (V) $+ 90^\circ$	92 04 20
<i>Senegualàp</i> (X) $+ 90^\circ$	90 22 35
Angulo observado	47 46 34
horizontal	47 45 25

Depression de <i>Senegualàp</i> (X) $+ 90^\circ$	90 22 35
<i>Chufai</i> (Y) $+ 90^\circ$	91 20 42
Angulo observado	66 28 27
horizontal	66 28 35

Reduccion de los angulos en *Chufai* (Y)

Complem. de la altura de <i>Lanlangúfo</i> (U)	88 52 09 $\frac{1}{2}$
<i>Senegualàp</i> (X)	89 14 55
Angulo observado	57 50 47
horizontal	57 51 14

Bb Com:



Complem. de la altura de <i>Senegualap</i> (X)	89° 14' 55"
<i>Tioloma</i> (Z)	89 17 25
Angulo observado	45 21 56
horizontal	45 22 10

Complemento de la altura de <i>Tioloma</i> (Z)	89 17 25
<i>Sinasaguàn</i> ( $\alpha$ )	88 30 58
Angulo observado	50 53 07
horizontal	50 53 32

Reduccion de los angulos en *Sinasaguàn* ( $\alpha$ )

Depresion de <i>Chusai</i> (Y) $+ 90^\circ$	91° 42' 48"
<i>Tioloma</i> (Z) $+ 90^\circ$	90 40 14
Angulo observado	77 11 31
horizontal	77 12 21

Depresion de <i>Tioloma</i> (Z) $+ 90^\circ$	90 40 14
<i>Quinoaloma</i> ( $\beta$ ) $+ 90^\circ$	91 33 06 $\frac{1}{2}$
Angulo observado	50 38 52 $\frac{1}{2}$
horizontal	50 39 04

Depresion de <i>Quinoaloma</i> ( $\beta$ ) $+ 90^\circ$	91 33 06 $\frac{1}{2}$
<i>Bueràn</i> ( $\gamma$ ) $+ 90^\circ$	91 43 29 $\frac{1}{2}$
Angulo observado	86 39 09
horizontal	86 41 48

Reduccion de los angulos en *Bueràn* ( $\gamma$ )

Complem. de la altura de <i>Sinasaguàn</i> ( $\alpha$ )	88° 29' 18"
<i>Quinoaloma</i> ( $\beta$ )	89 56 08
Angulo observado	44 27 07
horizontal	44 26 02

Com-



Complem. de la altura de <i>Quinoalòma</i> ( $\beta$ )	89° 56' 08"
Depresion de <i>Yasuai</i> ( $\delta$ ) $+ 90^\circ$	90 32 28
Angulo observado	47 11 44
horizontal	47 11 32
Depresion de <i>Yasuai</i> ( $\delta$ ) $+ 90^\circ$	90 32 28
<i>Suralpálte</i> ( $\pi$ ) $+ 90^\circ$	91 14 51 $\frac{3}{4}$
Angulo observado	85 07 21
horizontal	85 07 59
Reduccion de los angulos en <i>Suralpálte</i> ( $\pi$ )	
Complemento de la altura de <i>Bueràn</i> ( $\gamma$ )	88° 52' 52 $\frac{1}{2}$ "
<i>Yasuai</i> ( $\delta$ )	89 50 57 $\frac{1}{2}$
Angulo observado	61 57 22
horizontal	61 57 13
Complemento de la altura de <i>Yasuai</i> ( $\delta$ )	89 50 57 $\frac{1}{2}$
Depresion de <i>Guanacàuri</i> ( $\theta$ ) $+ 90^\circ$	93 09 02 $\frac{1}{2}$
Angulo observado	87 14 17
horizontal	87 13 32
Depresion de <i>Guanacàuri</i> ( $\theta$ ) $+ 90^\circ$	93 09 02 $\frac{1}{2}$
<i>la Torre de Cuenca</i> ( $\epsilon$ ) $+ 90^\circ$	92 55 27 $\frac{1}{2}$
Angulo observado	20 33 16
horizontal	20 34 57

Haviendo reducido los angulos à horizontales, se pueden, como queda dicho, hallar todas las inclinaciones de los lados occidentales de la Série de triangulos respecto del Meridiano.



Por la tercera Observacion de Azimuth, queda	
<i>Tanlagua</i> (D) de <i>Oyambàro</i> (A) del N. al O.	30° 03' 01"
lo que substraído del angulo horizontal en	
<i>Oyambàro</i> (A) entre <i>Tanl.</i> (D) y <i>Pambamàrca</i> (C),	74 14 06
quedarà segun este Azimuth de <i>Oyambàro</i> (A)	
<i>Pambamàrca</i> (C) del N. al E.	44 11 05
Por el primer Azimuth es esta misma direc. de	44 10 44
segundo	44 11 30
medio arithmetico entre los tres	44 11 06½
añadiendole el angulo horiz. en <i>Pambam.</i> (C)	
entre <i>Oyambàro</i> (A) y <i>Campanàrio</i> (ζ)	54 46 38½
se tendrà la suma	98 57 45½
cuyo suplem. serà la inclin. de <i>Campanàrio</i> (ζ)	
desde <i>Pambamàrca</i> (C) del N. al O.	81 02 15
Añadiendole el angulo horiz. en <i>Campan.</i> (ζ)	
entre <i>Pambamàrca</i> (C) y <i>Cosin</i> (φ)	38 07 34
se tendrà la suma	119 09 49
cuyo suplem. serà la inclinacion de <i>Cosin</i> (φ)	
desde <i>Campanàrio</i> (ζ) del N. al E.	60 50 11
que se diferencia muy poco del ultimo Azimuth	
observado , que es de	60 50 16
y afsi se puede tomar un medio, y assentar, que	
de <i>Campanàrio</i> (ζ) queda <i>Cosin</i> (φ) del N. al E.	60 50 13
Substrayendo el angulo horiz. en <i>Campan.</i> (ζ)	
entre <i>Cosin</i> (φ) y <i>Cuicòcha</i> (ψ)	38 02 30
quedarà de <i>Camp.</i> (ζ) <i>Cuicòcha</i> (ψ) del N. al E.	22 47 43
Substraída esta inclinacion de los dos angulos	
horizontales en <i>Cuicòcha</i> (ψ)	148 36 36
quedan	125 48 53
y su suplem. dà la inclinacion de <i>Cuicòcha</i> (ψ) à	
<i>Mira</i> (ω) del N. al E.	54 11 07
	De



De <i>Campanario</i> (ζ) <i>Cuicòcha</i> (ψ) del N. al E.	22° 47' 43"
Mas los tres ang. horizontales en <i>Camp.</i> (ζ)	151 11 48
Suma	173 59 31
fu supl. queda de <i>Camp.</i> (ζ) <i>Guàp.</i> (E) del S. al E.	06 00 29
Añadiendo la diferencia de los tres angulos horizontales en <i>Guàpulo</i> (E) à 360°	145 22 51
Suma	151 23 20
fu suplemento; queda de <i>Guàpulo</i> (E) el <i>Corazon</i> (G) del S. al O.	28 36 40
Añadien. los tres ang. horiz. en el <i>Corazon</i> (G)	161 51 46
Suma menos 180°; queda del <i>Corazon</i> (G)	
<i>Milìn</i> (K) del S. al O.	10 28 26
Añadiendo los tres ang. horiz. en <i>Milìn</i> (K)	157 05 59½
Suma	167 34 25½
fu sup. queda de <i>Milìn</i> (K) <i>Chul.</i> (N) del S. al E.	12 25 34½
Substrayendo de los tres angulos horizontales en <i>Chulàpu</i> (N) menos 180°	19 06 19
quedarà la direccion de <i>Chulàpu</i> (N) à <i>Chichichòco</i> (P) del S. al O.	06 40 44½
Añadiendo los tres ang. horiz. en <i>Chichic.</i> (P)	156 02 34
Suma	162 43 18½
fu suplem. queda de <i>Chichichòco</i> (P) <i>Guayàma</i> (R) del S. al E.	17 16 41½
Substrayendo esto de los tres angulos horizontales en <i>Guayama</i> (R) menos 180°	59 58 51
quedarà la direccion de <i>Guayama</i> (R) à <i>Sisa-Pòngo</i> (T) del S. al O.	42 42 09½
Añadien. los tres ang. hor. en <i>Sisa-Pongo</i> (T)	137 01 46
Suma	179 43 55½
fu suplemento; queda de <i>Sisa-Pòngo</i> (T) <i>Lanlangùso</i> (U) del S. al E.	00 16 04½
	Subf.



Subtraído esto del angulo horizontal en *Lan-*

*langùso* (U) formado entre *Sifa-Pongo* (T)

y *Sèsgum* (V)

80° 32' 16"

quedarà de *Lanlang.*(U) *Sèsgum*(V) del N.al E 80 16 11½

Por la Observacion de Azimuth 4.<sup>a</sup> se hallò 80 14 31

cuya diferencia , despues de una Série tan

larga de triangulos, solo es de

00 01 40½

que prueba la exactitud de los triangulos, y Observaciones.

Queda de *Lanlangùso* (U) *Sèsgum* (V) segun

la Observacion del N. al E.

80 14 31

à lo qual añadiendo los dos angulos horizon-

tales en *Lanlangùso* (U)

144 14 00

Suma menos 180°; queda de *Lanlangùso* (U)

*Chufai* (Y) del S. al O.

14 28 31

Añadiendo los tres angulos horizontales en

*Chufai* (Y)

154 06 47

Suma

168 35 18

su suplemento ; queda de *Chufai* (Y) *Sinafa-*

*guàn* (α) del S. al E.

11 24 42

Subtrayendo esto de los tres angulos hori-

zontales en *Sinafaguàn* (α) menos 180°

34 33 13

quedarà de *Sinafag.*(α) *Bueràn* (γ) del S.al O. 23 08 31

Añadiendo los dos primeros angulos hori-

zontales en *Bueràn* (γ)

91 37 34

Suma

114 46 05

Su suplemento; queda de *Bueràn* (γ) *Yasuai* (δ)

del S. al E.

65 13 55

Por la Observacion de Azimuth 5.<sup>a</sup> quedò

65 14 41

cuya diferencia es solo de

00 00 41

que prueba de nuevo lo exacto de las Observaciones.

Que-



Queda de *Sinafag.* ( $\alpha$ ) *Bueràn* ( $\gamma$ ) del S. al O.  $23^{\circ} 08' 31''$

Añadiendo los tres angulos horizontales en

*Bueràn* ( $\gamma$ )  $176 \ 45 \ 33$

Suma menos  $180^{\circ}$ ; queda de *Bueràn* ( $\gamma$ )

*Surampálte* ( $\pi$ ) del S. al O.  $19 \ 54 \ 04$

Añadiendo los tres angulos horizontales en

*Surampálte* ( $\pi$ )  $169 \ 45 \ 42$

Suma menos  $180^{\circ}$ ; queda de *Surampálte* ( $\pi$ )

la *Torre de Cuenca* ( $\epsilon$ ) del S. al O.  $09 \ 39 \ 46$

De todo este calculo se deduce la tabla, que se sigue.

### Tabla de las inclinaciones de los lados Occidentales de la Série de triangulos respecto del Meridiano.

Queda de *Mira* ( $\omega$ ) *Cuicòcha* ( $\psi$ )  $54^{\circ} 11' 07''$  del S. al O.

*Cuicòcha* ( $\psi$ ) *Campanar.* ( $\zeta$ )  $24 \ 47 \ 43$

*Campanario* ( $\zeta$ ) *Guápulo* (E)  $06 \ 00 \ 29$  del S. al E.

*Guápulo* (E) el *Corazòn* (G)  $28 \ 36 \ 40$  del S. al O.

el *Corazòn* (G) *Milìn* (K)  $10 \ 28 \ 26$

*Milìn* (K) *Chulàpu* (N)  $12 \ 25 \ 34\frac{1}{2}$  del S. al E.

*Chulàpu* (N) *Chichichòco* (P)  $06 \ 40 \ 44\frac{1}{2}$  del S. al O.

*Chichichòco* (P) *Guayàma* (R)  $17 \ 16 \ 41\frac{1}{2}$  del S. al E.

*Guayàma* (R) *Sifa-Pòngo* (T)  $42 \ 42 \ 09\frac{1}{2}$  del S. al O.

*Sifa-Pòngo* (T) *Lantang.* (U)  $00 \ 16 \ 04\frac{1}{2}$  del S. al E.

*Lantangùso* (U) *Chusai* (Y)  $14 \ 28 \ 31$  del S. al O.

*Chusai* (Y) *Sinafaguàn* ( $\alpha$ )  $11 \ 24 \ 42$  del S. al E.

*Sinafaguàn* ( $\alpha$ ) *Bueràn* ( $\gamma$ )  $23 \ 08 \ 31$  del S. al O.

*Bueràn* ( $\gamma$ ) *Surampálte* ( $\pi$ )  $19 \ 54 \ 04$

*Sur.* ( $\pi$ ) la *Torre de Cuenca* ( $\epsilon$ )  $09 \ 39 \ 46$



## CAPITULO VI.

*Deducion de las distancias entre los Paralelos de las Señales.*

**H**alladas yà las inclinaciones de los lados de la Série de triangulos respecto del Meridiano , podemos calcular las distancias entre los Paralelos de las Señales, explicando primero el methodo en que se deben deducir , y el motivo, que en el caso presente facilita el calculo.

En la Estereographica proyeccion de la Esphera, sobre el plano del Horizonte, sean,

a Fig. 8.  
Lam. 6.

Z<sup>a</sup> el Zenith, y una Señal

A otra Señal

ZN un Meridiano

ZA un circulo de Azimuth

AN un circulo maximo , que passando por la Señal A cae perpendicularmente sobre el Meridiano ZN.

Considerefe formado debaxo del triangulo Esphérico ZAN, el rectilineo rectangulo ZAD , de suerte , que el lado ZD coincida con el Meridiano ZN, y lo mismo la Hypothenuza del triangulo rectilineo con el Azimuth ZA; quedando solo sin coincidir el lado AD con el circulo maximo AN; y el lado ZD del triangulo rectilineo será menor , que el ZN del triangulo Esphérico toda la porcion DN; mas esta es tan corta, que se puede , sin que se origine yerro sensible, tomar un lado por el otro en el calculo, y resolver asimismo un triangulo por el otro ; pero el circulo maximo AN , que cae perpendicularmente sobre el Meridiano ZN , es por haverse hecho la medida de la Série de trian-



triangulos en el Equador el mismo Equador; luego es tambien el paralelo de la Señal A; y por consiguiente, la distancia ZN, ò ZD del triangulo rectilineo rectangulo ZDA es la de los paralelos de las Señales Z, y A; y para hallarla es suficiente la resolucion de este triangulo. De otra suerte por si se hiciere mas inteligible.

Puesta ZD por el Meridiano de la Señal Z, y AB por el de la Señal A, ZB por el paralelo de Z, y AD por el de A, tendremos los angulos DAB, DZB rectos; pero los Meridianos ZD, AB, por haverse hecho la medida en el Equador son sensiblemente paralelos; luego los angulos ADZ, ZBA tambien serán rectos; y por consiguiente la distancia ZD, entre los paralelos de las dos Señales, es la misma, que la del triangulo rectilineo ZDA; y se hallará sin mas correccion con esta analogía.

Como el radio

Al Seno 2. de la inclinacion DZA

Asi la distancia de las Señales ZA reducida à horizontàl

A la distancia entre los paralelos ZD.

Esto supuesto, el calculo es como se sigue.

Hallar la distancia entre los Paralelos de  $\omega\psi$ .<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Fig. 10  
Lam. 4

Radio	90° 00' 00"
Senos 2. de la inclinacion	54 11 07
Distancia horizontal $\psi\omega$	20703.536 toesas
Distancia entre los paralelos de $\omega\psi$	12155.006
de $\psi\zeta$	

Radio	90° 00' 00"
Senos 2. de la inclinacion	22 47 48
Distancia horizontal $\psi\zeta$	23130.299 toesas
Distancia entre los paralelos de $\psi\zeta$	21323.709
Cc	de



de ζE

Radio	90° 00' 00"
Seno 2. de la inclinaciòn	06 00 29
Distancia horizontal ζE	8698.453 toefas
Distancia entre los paralelos de ζE	8650.321

de EG

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la inclinaciòn	28 36 40
Distancia horizontal EG	21953.234 toefas
Distancia entre los paralelos de EG	19272.536

de GK

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la inclinaciòn	10 28 26
Distancia horizontal GK	16173.809 toefas
Distancia entre los paralelos de GK	18854.333

de KN

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la inclinaciòn	12 25 34
Distancia horizontal KN	16765.992 toefas
Distancia entre los paralelos de KN	16373.266

de NP

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la inclinaciòn	06 40 44 $\frac{1}{2}$
Distancia horizontal NP	13217.175 toefas
Distancia entre los paralelos de NP	13127.474

de PR

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la inclinaciòn	17 16 41 $\frac{1}{2}$
Distancia horizontal PR	6762.335 toefas
Distancia entre los paralelos de PR	6457.178

de



## de RT

Radio	90° 00' 00"
Seno 2. de la inclinaciòn	42 42 09½
Distancia horizontal RT	16523.658 toefas
Distancia entre los paralelos de RT	12142.961

## de TU

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la declinaciòn	00 16 04½
Distancia horizontal TU	13141.311 toefas
Distancia entre los paralelos de TU	13141.167

## de UY

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la declinaciòn	14 28 31
Distancia horizontal UY	12931.589 toefas
Distancia entre los paralelos de UY	12521.083

de  $Y\alpha$ 

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la inclinacion	11 24 42
Distancia horizontal $Y\alpha$	13591.351 toefas
Distancia entre los paralelos de $Y\alpha$	13322.659

de  $\alpha\gamma$ 

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la inclinaciòn	23 08 31
Distancia horizontal $\alpha\gamma$	12684.594 toefas
Distancia entre los paralelos de $\alpha\gamma$	11663.917

de  $\gamma\pi$ 

Radio	90° 00 00
Seno 2. de la inclinaciòn	19 54 04
Distancia horizontal $\gamma\pi$	7645.400 toefas
Distancia entre los paralelos de $\gamma\pi$	7188.828



de  $\pi\epsilon$ 

Radio	90° 00' 00"
Seno 2. de la inclinaciòn	09 39 46
Distancia horizontal $\pi\epsilon$	9879.214 toefas
Distancia entre los paralelos de $\pi\epsilon$	9739.055

Estas distancias entre los paralelos es necesario notar, que son à la elevacion de la Señal mas baxa de las dos de quienes se dà la distancia; respeto que à esta altura, ò nivèl se calcularon las distancias horizontales.

## CAPITULO VII.

*Reduccion de las distancias balladas entre los paralelos,  
al nivèl del Mar.*

COMO las Señales de la Série de triangulos tenian varias elevaciones, las unas respecto de las otras, y las distancias entre los paralelos asignadas, son à la altura de las Señales mas baxas; estas distancias estàn todas en distintos planos paralelos al Horizonte; y es preciso reducir las à un mismo plano: y como el nivèl del Mar le hayan tomado todos los Autores por la superficie de la Tierra, fèrà à este plano al que se deban reducir; pero para ello, es preciso inquirir primero las elevaciones de las Señales sobre la superficie del Mar.

Para esta operacion tuvimos siempre presente, en toda la medida de triangulos, el ligar las Señales con el Mar, por medio de otros triangulos; mas no se pudo esto conseguir por lo distante que estaba aquèl, por lo montuoso, y quebrado del País, y por las muchas Nubes, que impedian continuamente el verle. Sin embargo de no haver conseguido este designio, el Barometro discurro dà la determi-



nacion mas justa de lo que se necesita para semejante operacion , puesto que 100 toefas de diferencia en la altura de las Señales no causa yerro sensible en el calculo.

En el Libro V. de las experiencias del Barometro <sup>a</sup> di- a pag. 130  
mos la altura de la Ciudad de *Cuenca* sobre la superficie del Mar ; à la qual se le añaden las varias alturas de las demás Señales las unas respeto de las otras , se conseguirà el calculo deseado.

Para calcular las varias elevaciones , ò alturas de unas Señales sobre las otras , sean

A <sup>b</sup> una Señal

B otra

T el centro de la Tierra

Tírese AE de suerte , que el triangulo ATE sea Ysósceles; y la altura de la Señal B sobre la A será EB ; la qual se hallará con esta analogía.

$AEB = 90^\circ + \frac{ETA}{2}$ , es à  $BAE =$  à el angulo de altura

$BAC + \frac{ETA}{2}$  ; como AB = à la distancia de una Señal à otra, à EB altura deseada. Esto supuesto el calculo es como se sigue.

De la altura de  $\psi^d$  sobre  $\omega$ .

d Fig. 10  
Lam. 4

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 10' 47''$$

es al angulo de altura  $+ \frac{ETA}{2}$

$$02 11 52 \frac{1}{2}$$

como la distancia  $\psi\omega$

$$20721.275 \text{ toefas}$$

à la altura de  $\psi$  sobre  $\omega$

$$794.7$$

de

e. Es tambien el primer termino de las analogías de la reduccion de los lados à horizontales Cap. IV. pagina 174



de  $\Psi$  sobre  $\zeta$ 

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 12' 03''$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$00 33 42$$

Distancia  $\Psi \zeta$ 

$$23132.220 \text{ toefas}$$

Altura de  $\Psi$  sobre  $\zeta$ 

$$226.8$$

de  $\zeta$  sobre E

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 04' 32''$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$01 51 23$$

Distancia  $\zeta E$ 

$$8703.393 \text{ toefas}$$

Altura de  $\zeta$  sobre E

$$281.9$$

de G sobre E

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 11 56\frac{1}{2}$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$01 46 12$$

Distancia EG

$$21965.864 \text{ toefas}$$

Altura de G sobre E

$$678.5$$

de G sobre K

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 09 59\frac{1}{2}$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$01 15 08\frac{1}{2}$$

Distancia GK

$$19179.609 \text{ toefas}$$

Altura de G sobre K

$$419.2$$

de



de N sobre K

$$90^{\circ} + \frac{ETA}{2}$$

$$90^{\circ} 08' 44''$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$00 32 37\frac{1}{2}$$

Distancia KN

16767.152 toefas

Altura de N sobre K

159.1

de N sobre P

$$90^{\circ} + \frac{ETA}{2}$$

$$90^{\circ} 06' 53''$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$00 33 30$$

Distancia NP

13218.061 toefas

Altura de N sobre P

128.8

de R sobre P

$$90^{\circ} + \frac{ETA}{2}$$

$$90^{\circ} 03 31\frac{3}{4}$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$03 33 06\frac{3}{4}$$

Distancia PR

6775.772 toefas

Altura de R sobre P

419.8

de R sobre T

$$90^{\circ} + \frac{ETA}{2}$$

$$90^{\circ} 08 36\frac{1}{2}$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$00 30 49\frac{1}{2}$$

Distancia RT

16524.693 toefas

Altura de R sobre T

148.2

de



de U sobre T

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 06' 50\frac{1}{2}''$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$00 36 10$$

Distancia TU

13142.313 toefas

Altura de U sobre T

138.2

de U sobre Y

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 06' 44\frac{1}{2}''$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$01 13 57\frac{3}{4}$$

Distancia UY

12935.128 toefas

Altura de U sobre Y

278.2

de  $\alpha$  sobre Y

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 07' 05''$$

$$\text{Angulo de altura} +$$

$$01 35 43$$

Distancia Y  $\alpha$ 

13597.398 toefas

Altura de  $\alpha$  sobre Y

378.5

de  $\alpha$  sobre  $\gamma$ 

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 06' 36\frac{1}{2}''$$

$$\text{Angulo de altura} +$$

$$01 36 53$$

Distancia  $\omega\gamma$ 

12690.320 toefas

Altura de  $\alpha$  sobre  $\gamma$ 

357.6

de



de  $\gamma$  sobre  $\pi$ 

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 03' 59''$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$01 10 52\frac{3}{4}$$

Distancia  $\gamma\pi$ 

7647.190 toefas

Altura de  $\gamma$  sobre  $\pi$ 

157.7

de  $\pi$  sobre  $\epsilon$ 

$$90^\circ + \frac{ETA}{2}$$

$$90^\circ 05 09$$

$$\text{Angulo de altura} + \frac{ETA}{2}$$

$$02 50 18\frac{1}{2}$$

Distancia  $\pi\epsilon$ 

9892.084 toefas

Altura de  $\pi$  sobre  $\epsilon$ 

489.8

La altura de la Ciudad de *Cuenca* sobre la superficie del Mar, segun el Libro V<sup>a</sup>, es de 1402 toefas; à la que agregando la altura de la Torre de la Iglesia mayor, que es la que servia de Señal, se tendrà la altura de  $\epsilon$  sobre la superficie del Mar de 1414. Si à esta se añade la altura de  $\pi$  sobre  $\epsilon$  489.8 se tendrà la de  $\pi$  de 1903.8 : con cuyo orden continuando se ha construïdo la tabla, que se sigue.

" pag.130

### Tabla de las alturas de las Señales occidentales de la Série de triangulos sobre la superficie del Mar.

Altura de <i>Mira</i> ( $\omega$ )	1333.6 toefas
<i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ )	2128.3
<i>Campanàrio</i> ( $\zeta$ )	1901.1
<i>Guàpulo</i> (E)	1619.6

Dd

Al-



Altura de el Corazón (G)	2298. 1 toefas
Milín (K)	1878. 9
Chulàpu (N)	2038. 0
Chichichòco (P)	1909. 2
Guayàma (R)	2329. 0
Sifa-Pòngo (T)	2180. 8
Lanlangùfo (U)	2319. 0
Chufai (Y)	2040. 6
Sinafaguàn ( $\alpha$ )	2419. 1
Bueràn ( $\gamma$ )	2061. 5
Surampálte ( $\pi$ )	1903. 8
La Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )	1414. 0

Con esta tabla, para reducir las distancias entre los paralelos de las Señales al nivèl del Mar, sean,

<sup>a</sup> Fig. 9.  
Lam. 6.

EA <sup>a</sup> la distancia, que se ha de reducir

T el centro de la Tierra

BC el nivèl del Mar.

y tirando las dos lineas ET, AT; BC será la distancia reducida; la que se conocerà con esta analogia.

TE, el Radio de la Tierra mas la altura BE, es à

EA distancia propuesta: como

BE altura sobre el nivèl del Mar, à

EA—BC.

cuyo ultimo termino si se substraè de la distancia propuesta, se tendrá la verdadera, ò reducida; y despues del calculo hecho se tendrán las reducciones siguientes.

Distancia entre los paralelos de  $\omega\psi$  12115.006 toefas  
menos lo que la Casa, que sirviò de Señal  
en Mira estaba al Norte del Observatorio, del qual nos sirviò una Hacienda  
cercana de Pueblo viejo

170.62

re-



residuo	11944.386 toefas
Substraccion por 1333½ toefas de altura de $\omega$ sobre el Mar	4.843
Distancia entre los paral.de $\omega\psi$ reducida	11939.543
Entre los paralelos de $\psi\zeta$	21323.709
Subst. por 1901½ toefas de altura de $\zeta$	12.348
Distancia reducida	21311.361
Entre los paralelos de $\zeta E$	8650.321
Subst. por 1619½ toefas de altura de E	4.265
Distancia reducida	8646.056
Entre los paralelos de EG	19272.536
Subst. por 1619½ toefas de altura de E	9.503
Distancia reducida	19263.033
Entre los paralelos de GK	18854.333
Subst. por 1879 toefas de altura de K	10.790
Distancia reducida	18843.543
Entre los paralelos de KN	16373.266
Subst. por 1879 toefas de altura de K	9.357
Distancia reducida	16363.909
Entre los paralelos de NP	13127.474
Subst. por 1909 toefas de altura de P	7.631
Distancia reducida	13119.843
Entre los paralelos de PR	6455.956
Subst. por 1909 toefas de altura de P	3.753
Distancia reducida	6452.203



Entre los paralelos de RT	12142.961 toefas
Subst. por 2181 toefas de altura de T	8.060
Distancia reducida	12134.901
Entre los paralelos de TU	13141.167
Subst. por 2181 toefas de altura de T	8.716
Distancia reducida	13132.451
Entre los paralelos de UY	12521.083
Subst. por 2041 toefas de altura de Y	7.800
Distancia reducida	12513.283
Entre los paralelos de $Y\alpha$	13322.659
Subst. por 2041 toefas de altura de Y	8.290
Distancia reducida	13314.369
Entre los paralelos de $\alpha\gamma$	11663.917
Subst. por 2061 toefas de altura de $\gamma$	7.330.
Distancia reducida	11656.587
Entre los paralelos de $\gamma\pi$	7188.828
Subst. por 1903 toefas de altura de $\pi$	4.172
Distancia reducida	7184.656
Entre los paralelos de $\pi\epsilon$	9739.055
Mas lo que el Observatorio estaba mas al Sur que la Torre de la Iglesia, que sirviò de Señal	114.845
Suma	9853.900
Subst. por 1414 toefas de altura de $\epsilon$	4.205
Distancia reducida	9849.695.

De



De este calculo se deduce la tabla , que se sigue.

Tabla de las distancias entre los paralelos de  
las Señales Occidentales de la Série de  
triangulos reducidas al Nivèl  
del Mar.

Entre los de <i>Pueblo viejo</i> , y <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ )	11939.543 toefas
<i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ ) y <i>Campanario</i> ( $\zeta$ )	21311.361
<i>Campanario</i> ( $\zeta$ ) y <i>Guápulo</i> (E)	8646.056
<i>Guápulo</i> (E) y el <i>Corazón</i> (G)	19263.033
el <i>Corazón</i> (G) y <i>Milín</i> (K)	18843.543
<i>Milín</i> (K) y <i>Chulápu</i> (N)	16363.909
<i>Chulápu</i> (N) y <i>Chichichòco</i> (P)	13119.843
<i>Chichichòco</i> (P) y <i>Guayàma</i> (R)	6452.203
<i>Guayàma</i> (R) y <i>Sisa-Pòngo</i> (T)	12134.901
<i>Sisa-Pòngo</i> (T) y <i>Lanlang</i> .(U)	13132.451
<i>Lanlang</i> .(U) y <i>Chusai</i> (Y)	12513.288
<i>Chusai</i> (Y) y <i>Sinafaguàn</i> ( $\alpha$ )	13314.369
<i>Sinafaguàn</i> ( $\alpha$ ) y <i>Bueràn</i> ( $\gamma$ )	11656.587
<i>Bueràn</i> ( $\gamma$ ) y <i>Surampálte</i> ( $\pi$ )	7184.656
<i>Suramp.</i> ( $\pi$ ) y el Obser. de <i>Cuenca</i>	9849.659
Suma	195725.397

Esta suma es la distancia entre los paralelos de los dos Observatorios de *Pueblo viejo* , y *Cuenca* ; ò la longitud del arco de Meridiano terrestre comprehendido entre dichos Observatorios.



## SECCION II.

Determinacion de la medida geométrica  
segun las Observaciones de  
*D. Antonio de Ulloa.*

## CAPITULO I.

*Medida de la Base fundamental del Llano de Yaruquí.*

Todo genero de medidas no tienen por lo ordinario otra comprobacion , que tomarlas repetidas veces, yà sea con el mismo methodo , yà con distinto ; pero siempre que se pudiesse obrar de esta ultima suerte , queda mayor satisfaccion , à causa de la seguridad , que se tiene , de no haver provenido el yerro ( si lo huviere ) del methodo de practicar la Operacion.

Por este motivo , aunque en la primera Seccion se diò la medida del arco de Meridiano comprehendido entre los paralelos de *Cuenca*, y *Pueblo viejo* , necesitamos dàr en esta la comprobacion de ella , por la que hizo *Don Antonio de Ulloa* con distinta Série de triangulos, en compaña de *M. M. Bouguer* , y *la Condamine*.

La Base fundamental con que dieron principio à la medida , fuè la misma que la nuestra , la qual , como dixe en la Seccion antecedente , empezaron à medir por el extremo de *Carabúru* ; practicando en sus operaciones las mismas precauciones , y diligencias de que nos valimos *M. Godin* , y yo. Usaron desde su principio , para el manejo de las tres perchas , que tenian hermanas de las nuestras , de los



los mismos Cavalletes , que describe *M. Cassini* en su *medida de la Tierra* pag. 100 ; pero à corto tiempo los encontraron con el propio defecto , que nosotros ; su poca solidèz , y mala disposicion para manejarlos , les precisò à abandonarlos inmediatamente , y à medir con las perchas por el suelo , de la misma fuerte que nosotros lo hicimos sobre los Cavalletes de Pintor : y solo se diferenciaron en el methodo de conducir la medida en la direccion de la Base , porque en lugar de valerse del aplomo de que nosotros nos servimos , elevaron dos Cabrias , de cuyas ligaduras G , C pendian dos aplomos GM , CD , cayendo el primero directamente sobre el piquete E , de donde se empezaba la medida ; y poniendose un Observador con su antejo detràs del aplomo GM , hacia que enfilassen los dos aplomos de las Cabrias , con la Señal mas inmediata de las que se havian colocado sobre la Base : con lo qual , y tendiendo una cuerda desde el piquete E al F , que se ponìa debaxo del aplomo CD , quedaba èsta dirigida , y exactamente sobre la Base ; sirviendoles para guiar inmediatamente à ella las perchas ; y para que èstas , ù otro qualquier accidente no pudiesen doblar la cuerda , tuvieron la precaucion de clavar las varas largas H , que la mantenian recta.

*a* Fig. 11  
Lam. 7

Como el terreno no era horizontal , ni tampoco exactamente unido , no podian llevar de continuo sus perchas sobre èl ; y para allanar este inconveniente , se valieron de Cuñas , y piquetes , con las quales elevaban las perchas lo necesario , y echaban los aplomos , que se ofrecian , como se vè en la figura 12.

Examinaban diariamente la longitud de sus perchas , por medio de una de ellas , que la havian hallado mas constante ; tenian cuidado de guarecerlas lo mas que se podía



día de todo genero de humedad , y calor ; y algunas veces con la toesa de hierro , de que nos serviamos nosotros.

pag. 150

Midieron igualmente la pequeña Quebrada por geometría con Plancheta , y tambien con el Quarto de circulo ; y tomadas todas las precauciones posibles : esto es , corregidas las perchas , de lo que se alargaban , ò acortaban diariamente , y añadiendo lo ancho de la Quebrada , hallaron la Base de 6272 toesas , 4 pies , 5 pulgadas en linea horizontal , que no difiere de nuestra determinacion , como se dixo en la Seccion antecedente<sup>a</sup> , sino es en dos pulgadas , y 10 lineas : por lo qual se assentò de 6272 toesas , 4 pies 3½ pulgadas.

b. Fig. 10  
Lam. 4

Por esta distancia horizontal calcula *D. Antonio de Ulloa*, de la misma fuerte que yo lo hice , las que hay en linea recta desde el extremo de *Curaburu* (B)<sup>b</sup> à el de *Oyambaro* (A): pero haviendo tomado de algunos segundos mas , ò menos los angulos de altura , y depression observados en dichos dos Lugares , concluyò esta distancia de 6274 toesas , 00 pies , 1½ pulgadas ; 7 lineas menor , que la que yo determinè por mi calculo.

Ademàs de esto pone por anotacion , que *M. Bouguer* haviendo hecho semejante calculo , hallò la propia distancia de 6274 toesas , 9 pulgadas ; por cuyo motivo , y para dexarla en un numero redondo , acortò la Base de las 9 pulgadas , que hallò de excesso sobre las 6274 toesas: pero advierte tambien , que en este calculo parece que sepadeziò alguna equivocacion , porque el suyo concuerda con toda la precision , que se puede desear , con el de *M. Godin*, y mio.

No alexandose pues su determinacion de las 6274 toesas justas , toma la Base de esta longitud , y levanta la Série de triangulos , como se sigue.

CA-



## CAPITULO II.

*Sobre los angulos de la Série de triangulos ; que formò,  
y calculó de sus lados.*

**Y**A se dixo en el Capitulo tercero de la Seccion primera, como para la seguridad de las Observaciones de los angulos, se dispuso dividir la Compañia en dos; y que cada una de éstas observaba dos angulos de cada triangulo, fiendole comunicado el tercero por la otra, cuya orden se premeditó desde el principio guardar, conservando ambas la misma Série de triangulos.

Sin embargo no se observò tan puntualmente esta providencia, porque el terreno era tan escabroso, quebrado, y montuoso, que nos costaba en ocasiones mucha fatiga, y pérdida de tiempo la conclusion de observaciones de una sola Señal; pues en la que se puso en lo mas elevado del Cerro *Pichincha*, se mantuvieron *M. M. Bouguer*, la *Condamine*, y *Don Antonio de Ulloa* 23 dias, sin que pudiesen tomar los angulos necesarios, yà porque passaban muchos revueltos con las nubes, yà porque las demás Sañales, que necesitaban ver, lo estaban tambien; trabajo que padecimos en casi toda la medida de la Meridiana. Estos motivos nos obligaron à abandonar la Señal de la cumbre de *Pichincha*, y pusimos en su lugar *M. Godin*, y yo otra en el alto de *Guápulo* (E)<sup>a</sup>; y al mismo tiempo *M. Bouguer* puso la equivalente à media cuesta del Cerro *Pichincha* (b). Con esto yà tuvimos las dos Compañias distinta Série de triangulos, que no volvimos à unir, hasta que el terreno nos lo permitió, que fuè al noveno triangulo. Sin embargo siem-

<sup>a</sup> Fig. 10  
Lam. 4



pre se observaron los tres angulos de ellos , para mayor seguridad.

A nuestro arribo à *Cuenca* , *M. Godin* , y yo determinamos medir segunda Base en las inmediaciones de aquella Ciudad , para rectificar nuestras operaciones ; però la otra Campaña prosiguiò la Série de triangulos hasta llegar à *Tàrqui* ; lo qual tambien hizo alterar la fuya de la mia. Esta diferencia se vè mas claramente en la figura , donde los triangulos hechos de lineas enteras , representan la Série mia , y los hechos de lineas entre cortadas los de *Don Antonio de Ulloa* ; cuyas Observaciones de angulos son las siguientes.

## 1. Triang.

	Angulos obser- vados.	Angulos corre- gidos.
<i>Oyambàro</i> (A)	63° 48' 10"	63° 48' 14"
<i>Caraburu</i> (B)	77 35 33	77 35 38
<i>Pambamàrca</i> (C)	38 36 04	38 36 08
Suma	179 59 47	180 00 00

## 2.

<i>Oyambàro</i> (A)	74 11 15	74 10 57
<i>Pambamàrca</i> (C)	69 46 56	69 46 38
<i>Tanlàgua</i> (D).	36 02 42	36 02 25
	180 00 53	180 00 00

## 3.

<i>Tanlàgua</i> (D)	89 14 00	89 14 04
<i>Pichincha</i> (b)	52 09 20	52 09 24
<i>Pambamàrca</i> (C)	38 36 28	38 36 32
	179 59 48	180 00 00



	4.	Angulos obser- vados.	Angulos corre- gidos.
Pichìncha (b)		61° 06' 31"	61° 06' 30"
Shangallì (d)		79 06 35	79 06 33
Pambamàrca (C)		39 46 58	39 46 57
Suma		180 00 04	180 00 00

	5.		
Pichìncha (b)		58 26 20	58 26 18
Shangallì (d)		82 57 40	82 57 38
el Corazòn (G)		38 36 06	38 36 04
		180 00 06	180 00 00

	6.		
Shangallì (d)		41 14 36	41 14 45
el Corazòn (G)		74 08 09	74 08 18
Pucaguaicu (e)		64 36 48	64 36 57
		179 59 33	180 00 00

	7.		
el Corazòn (G)		62 56 20	62 56 13
Pucaguaicu (e)		75 17 35	75 17 45
Milim (K)		41 45 54	41 46 02
		179 59 49	180 00 00

	8.		
Corazòn (G)		41 37 11	41 37 04
Milim (K)		44 16 02	44 16 15
Papaùrcu (L)		94 06 23	94 06 41
		179 59 36	180 00 00



	9.	Angulos obser- vados.	Angulos corre- gidos.
<i>Milín</i> (K)		60° 31' 24"	60° 31' 36"
<i>Papaürçu</i> (L)		60 31 24	60 31 36
<i>Vengotàsin</i> (M)		58 56 37	58 56 48
Suma		179 59 25	180 00 00

## 10.

<i>Milín</i> (K)	52 18 38	52 18 35
<i>Chulàpu</i> (N)	49 18 01	49 17 58
<i>Vengotàsin</i> (M)	78 23 31	78 23 27
	180 00 10	180 00 00

## 11.

<i>Vengotàsin</i> (M)	34 47 55	34 47 55
<i>Chulàpu</i> (N)	73 54 24	73 54 24
<i>Jivicàtsu</i> (O)	71 17 41	71 17 41
	180 00 00	180 00 00

## 12.

<i>Chulàpu</i> (N)	75 56 22	75 56 22
<i>Jivicàtsu</i> (O)	68 53 22	68 53 22
<i>Chichichòco</i> (P)	35 10 16	35 10 16
	180 00 00	180 00 00

## 13.

<i>Jivicàtsu</i> (O)	34 29 20	34 29 05
<i>Mulmùl</i> (Q)	73 24 51	73 24 35
<i>Chichichòco</i> (P)	72 06 35	72 06 20
	180 00 46	180 00 00

Chi-



I 4. Angulos obser-  
vados.Angulos corre-  
gidos.

<i>Chichichòco</i> (P)	48° 51' 40"	48° 51' 41"
<i>Mulmùl</i> (Q)	54 19 09	54 19 11
<i>Guayàma</i> (R)	76 49 06	76 49 08
Suma	179 59 55	180 00 00

## I 5.

<i>Mulmùl</i> (Q)	60 49 25	60 49 30
<i>Guayàma</i> (R)	91 22 20	91 22 26
<i>Ilmal</i> (S)	27 47 59	27 48 04
	179 59 44	180 00 00

Por parecer el angulo en *Ilmal* pequeño , se sirvió de la misma fuerte que yo de los triangulos puntuados auxiliares , que se ven en la figura , para confirmar el lado RS: pero le concluyó de la misma longitud , por el un camino, que por el otro: y afsi no será necesario interrumpir la Série de arriba.

I 6. Angulos obser-  
vados.Angulos corre-  
gidos.

<i>Guayàma</i> (R)	71° 35' 56"	71° 35' 57"
<i>Sifa-Pòngo</i> (T)	41 03 25	41 03 26
<i>Ilmal</i> (S)	67 20 36	67 20 37
	179 59 57	180 00 00

## I 7.

<i>Sifa-Pòngo</i> (T)	48 31 53	48 31 50
<i>Sèsgum</i> (V)	67 48 24	67 48 21
<i>Ilmal</i> (S)	63 39 52	63 39 49
	180 00 09	180 00 00

*Sifa-*



	18.	Angulos obser- vados.	Angulos corri- dos.
<i>Sisa-Pòngo</i> (T)		47° 28' 26"	47° 28' 29"
<i>Sèsgum</i> (V)		52 01 12	52 01 15
<i>Lanlangúso</i> (U)		80 30 13	80 30 16
		179 59 51	180 00 00

	19.		
<i>Sèsgum</i> (V)	71 00 58	71 00 58	
<i>Lanlangùso</i> (U)	47 46 33	47 46 32	
<i>Senegualàp</i> (X)	61 12 30	61 12 30	
	180 00 01	180 00 00	

	20.		
<i>Lanlangùso</i> (U)	66 28 40	66 28 39	
<i>Senegualàp</i> (X)	55 40 52	55 40 51	
<i>Chufai</i> (Y)	57 50 33	57 50 30	
	180 00 05	180 00 00	

	21.		
<i>Senegualàp</i> (X)	78 06 00	78 05 56	
<i>Chufai</i> (Y)	45 21 40	45 21 35	
<i>Tiolòma</i> (Z)	56 32 34	56 32 29	
	180 00 14	180 00 00	

	22.		
<i>Chufai</i> (Y)	50 53 07	50 53 00	
<i>Tiolòma</i> (Z)	51 55 34	51 55 27	
<i>Sinasaguàn</i> (a)	77 11 40	77 11 33	
	180 00 21	180 00 00	



	23.	Angulos obser- vados.	Angulos corre- gidos.
Tiolòma (Z)		56° 59' 53"	56° 59' 53"
Sinasaguàn (α)		50 38 07	50 38 45
Quinoalòma (β)		72 21 22	72 21 22
		179 59 22	180 00 00

	24.		
Sinasaguàn (α)		86 39 19	86 39 20
Quinoalòma (β)		48 53 35	48 53 36
Bueràn (γ)		44 27 03	44 27 04
		179 59 57	180 00 00

	25.		
Quinoalòma (β)		47 25 01½	47 24 49
Bueràn (γ)		47 12 00	47 11 48
Yasuai (δ)		85 23 35	85 23 23
		180 00 36½	180 00 00

	26.		
Bueràn (γ)		85 07 16	85 07 13
Yasuai (δ)		32 55 36	32 55 33
Surampálte (π)		61 57 17	61 57 14
		180 00 09	180 00 00

	27.		
Yasui (δ)	Este angulo se concluyó	33 40 21	
Surampálte (π)		87 14 17	
Guanacàuri (θ)		59 05 22	
		180 00 00	



	28.	Angulos obser- vados.	Angulos corre- gidos.
Surampálte ( $\pi$ )		20° 33' 14"	20° 33' 16"
la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )		66 06 33 $\frac{1}{2}$	66 06 35
Guanacàuri ( $\theta$ )		93 20 07	93 20 09
		179 59 54 $\frac{1}{2}$	180 00 00

Ademàs de los triangulos antecedentes, prosiguiò la Série con las Señales  $f$ ,  $b$ ,  $g$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $p$ , hasta obtener la distancia  $n p$ , que es nueva Base, que midiò en el llano de *Tàrqui*, juntamente con *M.M. Bouguer*, y la *Condamine*, con el mismo methodo que la de *Yarugui*, para comprobar por ella las Observaciones de los triangulos. Este llano es muy unido, hermoso, y propio para semejante operacion. Segun la Série de triangulos hallò en el *Don Antonio de Ulloa* la distancia  $n p$  de 5259 toefas, 3 pies, 10 pulgadas, 8 $\frac{1}{2}$  lineas; y por la medida geométrica de 5259 toefas, 5 pies, 1 pulg. 8 $\frac{1}{2}$  lineas, mayor que la antecedente de 1 pié, 3 pulgadas.

Para hacer atencion à que el temperamento de *Tàrqui* es mas frio, que el de la Base de *Yarugui*; y à la correccion que de ello se debe deducir, era preciso tener Observaciones del Thermometro hechas en aquel territorio; pero como carecieron de este Instrumento en la ultima medida, no podrémos concluir la diferencia, que el frio de *Tàrqui* pudo ocasionar à la *Toe/a* de hierro; sin embargo se puede discurrir, que èsta no sea de mucho momento.

La continuacion de triangulos por la parte del Septentrion, que yo hice para prolongar la Meridiana, hasta que comprendièsse tres grados, como se viò en el Capit. 3. Seccion 1, fuè en compa˜ia de *Don Antonio de Ulloa*; y asì  
estos



estos triangulos son para ambos los mismos ; solo si, como èste hizo el juicio prudente , para corregirlos , de distinta forma , los angulos correctos variaron , y son como se siguen.

29.

Angulos obser-  
vados.Angulos corre-  
gidos.

Tanlàgua (D)	65° 39' 37"	65° 39' 42"
Guàpulo (E)	67 17 33½	67 17 33½
Pambamàrca (C)	47 02 38	47 02 44½
	179 59 48½	180 00 00

30.

Guàpulo (E)	72 53 15½	72 54 09
Pambamàrca (C)	32 01 15	32 02 10
Campanàrio (ξ)	75 02 20	75 03 41
	179 56 50½	180 00 00

31.

Pambamàrca (C)	96 21 10	96 21 15
Campanàrio (ξ)	38 07 36	38 07 35
Cosìn (Φ)	45 31 08½	45 31 10
	179 59 54½	180 00 00

32.

Campanàrio (ξ)	38 02 27	38 02 09
Cosìn (Φ)	75 42 01½	75 42 02
Cuicòcha (Ψ)	66 15 49	66 15 49
	180 00 17½	180 00 00



	33.	Angulos obser- vados.	Angulos corre- gidos.
<i>Cosim</i> ( $\Phi$ )		59° 48' 00"	59° 48' 04"
<i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ )		82 20 59	82 21 03
<i>Mira</i> ( $\omega$ )		37 50 49	37 50 53
		179 59 48	180 00 00

Por estos triangulos , y la Base de *Yaruquì* , que tomò *Don Antonio de Ulloa* de 6274 toefas , calculò èste los lados de la Série de triangulos en la forma siguiente.

### Tabla de la magnitud de los lados de la Série de triangulos.

De <i>Carabúru</i> (B) à <i>Oyambàro</i> (A)	6274 toefas
<i>Oyambàro</i> (A) à <i>Pambamàrca</i> (C)	9821. 129
<i>Tanlàgua</i> (D)	15663. 550
<i>Pambamàrca</i> (C) à <i>Tanlàgua</i> (D)	16060. 483
<i>Pichìncha</i> (b) à <i>Tanlàgua</i> (D)	12690. 723
<i>Pambamàrca</i>	20335. 855
<i>Pambamàrca</i> (C) à <i>Shangallì</i> (d)	18131. 313
<i>Pichìncha</i> (b) à <i>Shangallì</i> (d)	13251. 719
al <i>Corazòn</i> (G)	21079. 145
<i>Shangallì</i> (d) al <i>Corazòn</i> (G)	18079. 508
à <i>Pucaguaìcu</i> (e)	19268. 561
<i>Pucaguaìcu</i> (e) al <i>Corazòn</i> (G)	13206. 571
el <i>Corazòn</i> (G) à <i>Milìn</i> (K)	19179. 832
<i>Pucaguaìcu</i> (e) à <i>Milìn</i> (K)	17655. 654
el <i>Corazòn</i> (G) à <i>Papaùrcu</i> (L)	13423. 046
<i>Papaùrcu</i> (L) à <i>Milìn</i> (K)	12771. 314½
<i>Vengotàsìn</i> (M)	12978. 489

Mi-



De Milin (K) à	Vengotàsin (M)	12978.489 toefas
	Chulàpu (N)	16768.923
Vengotàsin (M) à	Chulàpu (N)	13545.239 $\frac{1}{2}$
	Jivicàtsu (O)	13740.167 $\frac{1}{2}$
Chulàpu (N) à	Jivicàtsu (O)	8161.253 $\frac{1}{2}$
	Chichichòco (P)	13217.468
Jivicàtsu (O) à	Chichichòco (P)	13743.857 $\frac{1}{2}$
	Mulmùl (Q)	13647.100
Chichichòco (P) à	Mulmùl (Q)	8119.596
	Guayàma (R)	6773.883
Guayàma (R) à	Ilmal (S)	11757.451
Mulmùl (Q) à	Ilmal (S)	13461.919
Ilmal (S) à	Sisa-Pòngo (T)	16985.480 $\frac{1}{2}$
	Sèsgum (V)	13745.816
Sisa-Pòngo (T) à	Sèsgum (V)	16440.572
	Lanlangùso (U)	13139.051
Sèsgum (V) à	Lanlangùso (U)	12284.675
	Senegualàp (X)	10380.265
Lanlangùso (U) à	Senegualàp (X)	13255.161 $\frac{1}{2}$
	Chusai (Y)	12931.512
Senegualàp (X) à	Chusai (Y)	14356.227 $\frac{1}{2}$
	Tiolòma (Z)	12244.369
Chusai (Y) à	Tiolòma (Z)	16838.601
	Sinasaguàn ( $\alpha$ )	13593.472
Tiolòma (Z) à	Sinasaguàn ( $\alpha$ )	13397.781 $\frac{1}{2}$
	Quinoalòma ( $\beta$ )	10871.107 $\frac{1}{2}$
Sinasaguàn ( $\alpha$ ) à	Quinoalòma ( $\beta$ )	11790.729
	Bueràn ( $\gamma$ )	12686.213
Quinoalòma ( $\beta$ ) à	Bueràn ( $\gamma$ )	16808.000
	Yasuai ( $\delta$ )	12371.894 $\frac{1}{2}$
Bueràn ( $\gamma$ ) à	Yasuai ( $\delta$ )	12415.177



De Bueràn ( $\gamma$ ) à	Surampàlte ( $\pi$ )	7646.209 $\frac{1}{2}$
Yafuaì ( $\delta$ ) à	Surampàlte ( $\pi$ )	14016.109 $\frac{1}{2}$
	Guanacàuri ( $\theta$ )	16317.382
Surampàlte ( $\pi$ ) à	Guanacàuri ( $\theta$ )	9057.614
	à la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )	9889.578 $\frac{1}{2}$
Guanacàuri ( $\theta$ ) à la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )		3478.097
Pambamarca (C) à	Guàpulo (E)	15862.712
	Campanàrio ( $\zeta$ )	15692.018
Tanlàgua (D) à	Guàpulo (E)	12740.616 $\frac{1}{2}$
Guàpulo (E) à	Campanàrio ( $\zeta$ )	8708.765
Pambamarca (C) à	Cosìn ( $\phi$ )	13578.675
Campanàrio ( $\zeta$ ) à	Cosìn ( $\phi$ )	21858.271
	Cuicòcha ( $\psi$ )	23138.404
Cosìn ( $\phi$ ) à	Cuicòcha ( $\psi$ )	14712.651
	Mira ( $\omega$ )	23765.410
Cuicòcha ( $\psi$ ) à	Mira ( $\omega$ )	20724.490 $\frac{1}{2}$

## CAPITULO III.

*Reduccion de los lados antecedentes à horizontales ; y conclusion de la altura de unas Señales sobre las otras.*

EN el Capitulo IV de la Seccion antecedente se explicó el methodo, con que se deben reducir los lados inclinados de los triangulos à horizontales ; y se diò la analogia ; que se debia practicar. Y asimismo en el Capitulo VII, la que se debe usar para hallar la altura de unas Señales sobre las otras ; y como *Don Antonio de Ulloa* se valió de las mismas, podremos dàr principio à este Capitulo, insertando los demàs fundamentos, de los quales deduxo la reduccion de los lados antecedentes à horizontales, y las alturas de las unas Señales, sobre las otras ; que se reducen



cen à los ángulos de altura, y depreſion de unas Señales reſpecto de otras, y el *ángulo en el centro de la Tierra*, de quien tambien en el Capitulo IV de la Seccion antecedente ſe hablò, con los quales ſe hallan los tres ángulos del triangulo ABE<sup>a</sup>, neceſſarios para eſtas operaciones. Pero ſerà bueno advertir, que el *ángulo en el centro de la Tierra* en eſte calculo, es diſtinto que en el mio; en donde le hallè, dividiendo la diſtancia en toeſas de una Señal à otra por 16, y tomando el quociente; por los ſegundos que valia dicho ángulo; en lugar de ſuponerſe en eſte, que la diferencia del ángulo de altura, y depreſion, ò la ſumma de dos depreſiones, es el *ángulo en el centro de la Tierra*; lo que fuera muy cierto, como ſe tiene demonſtrado, à no alterar las Obſervaciones la Refraccion; pero como eſta no ſe pudo jamàs obtener exactamente, y el omitirlas induce poco, ò ningun yerro en el calculo; Don Antonio de Ulloa toma eſte ángulo como tengo dicho. Sus elementos pues ſon como ſe figuen.

<sup>a</sup> Fig. 6.  
Lam. 7.

Ang. de altura en Carabùru obſervand. à Oyamb. 1° 06' 30"

depreſ. en Oyamb. obſervando à Carab. 1 11 35

Diferencia *ángulo en el centro de la Tierra* T. 5 05

E 90 02 32½

B 88 48 25

A 1 09 02½

Ang. de altura en Carabùru obſervando à Pamb. 5 33 08½

depreſ. en Pambam. obſervando à Carab. 5 43 23

en el centro de la Tierra T. 10 14½

E 90 05 07¼

B 84 16 37

A 5 38 15¾

An.



Ang. de altura en <i>Oyamb.</i> observando à <i>Pamb.</i>	4°	20'	12"
depres. en <i>Pamb.</i> observand. à <i>Oyamb.</i>	4	30	27
en el centro de la Tierra T		10	15
E	90	05	07½
B	85	29	33
A	4	25	19½

Ang. de altura en <i>Oyamb.</i> observando à <i>Tanlàg.</i>	1	19	58
depresion en <i>Tanlàgua</i>	1	33	48
en el centro de la Tierra T		13	50
E	90	06	55
B	88	26	12
A	1	26	53

Ang. de depres. en <i>Pambam.</i> observ. à <i>Tanlàg.</i>	1	25	42
altura en <i>Tanlàgua</i>	1	11	45
en el centro de la Tierra T	0	13	57
E	90	06	58½
B	88	48	15
A	1	04	46½

Ang. de altura en <i>Pamb.</i> observan. à <i>Pichincha</i>	00	09	53
depresion en <i>Pichincha</i>	00	28	26
en el centro de la Tierra T	00	18	33
E	90	09	16½
B	89	31	34
A	00	19	09½

Ang.



HECHAS DE ORDEN DE S.M. 231

Ang. de altura en <i>Tanlagua</i> observ. à <i>Pichinc.</i>	02° 02' 52"
depression en <i>Pichincha</i>	2 16 10
en el centro de la <i>Tierra T.</i>	13 18
E	90 06 39
B	87 43 50
A	2 09 31

Ang. de altura en <i>Shangalli</i> observ. à <i>Pichincha</i>	3 25 47
depression en <i>Pichincha</i>	3 39 11
en el centro de la <i>Tierra T.</i>	13 24
E	90 06 42
B	86 20 49
A	3 32 29

Ang. de altura en <i>Shangalli</i> observ. à <i>Pambam.</i>	2 04 56
depression en <i>Pambamarca</i>	2 21 47
en el centro de la <i>Tierra T.</i>	16 51
E	90 08 25½
B	87 38 13
A	2 13 21½

Ang. de altura en <i>Shangalli</i> observ. el <i>Corazón</i>	2 24 31
depression en el <i>Corazón</i>	2 42 10
en el centro de la <i>Tierra T.</i>	17 39
E	90 08 49½
B	87 17 50
A	2 33 20½

Ang.



Ang. de altura en Shangallì observ. à Pucaguaicu	2° 24' 17"
depresion en Pucaguaicu	2 42 54
en el centro de la Tierra T	18 37
E	90 09 18 $\frac{1}{2}$
B	87 17 06
A	2 33 35 $\frac{1}{2}$

Ang. de altura en el Corazòn observ. à Pucag.	00 06 50
depresion en Pucaguaicu	00 19 34
en el centro de la Tierra T	12 44
E	90 06 22
B	89 40 26
A	13 12

Angulo de depresion en Pichincha	0 13 36 $\frac{1}{2}$
depresion en el Corazòn	0 07 59 $\frac{1}{2}$
en el centro de la Tierra T	0 21 36
E	90 10 48
B	89 46 23 $\frac{1}{2}$
A	2 48 $\frac{1}{2}$

Ang. de altura en Papañrcu observ. el Corazòn	1 30 58
depresion en el Corazòn	1 45 20
en el centro de la Tierra T	14 22
E	90 07 11
B	88 14 40
A	1 38 09

Ang.



HECHAS DE ORDEN DE S.M. 233

Ang. de altura en Milin observand. à Papaurcu	00° 03' 32"
depression en Papaurcu	16 32
en el centro de la Tierra T	13 00
E	90 06 30
B	89 43 28
A	10 02

Ang. de altura en Milin observando el Corazòn	1 05 50
depression en el Corazòn	1 24 35
en el centro de la Tierra T	18 45
E	90 09 22½
B	88 35 25
A	1 15 12½

Ang. de altura en Milin observan. à Pucaguaicu	1 23 35
depression en Pucaguaicu	1 49 14
en el centro de la Tierra T	25 39
E	90 12 49½
B	88 10 46
A	1 36 24½

Ang. de altura en Papaurcu observan. à Vengat.	1 00 48
depression en Vengotàsin	1 14 45
en el centro de la Tierra T	13 57
E	90 06 58½
B	88 45 15
A	1 07 46½



Ang. de altura en Milm observand. à Vengotàsin	1° 11' 20"
depreesion en Vengotàsin	1 23 45
en el centro de la Tierra T	12 25
E	90 06 12½
B	88 36 15
A	1 17 32½

Ang. de altura en Chulàpu observ. à Vengotàsin	00 27 15
depreesion en Vengotàsin	00 40 45
en el centro de la Tierra T	13 30
E	90 06 45
B	89 19 15
A	34 00

Ang. de altura en Milm observando à Chulàpu	00 24 29
depreesion en Chulàpu	40 40
en el centro de la Tierra T	16 11
E	90 08 05½
B	89 19 20
A	32 34½

Ang. de altura en Jivicàtsu observ. à Vengot.	2 01 00
depreesion en Vengotàsin	2 15 08
en el centro de la Tierra T	14 08
E	90 07 04
B	87 44 52
A	2 08 04

Ang.



HECHAS DE ORDEN DE S.M.

235

Ang. de altura en <i>Jivicàtsu</i> observ. à <i>Chulàpu</i>	2° 33' 29"
depression en <i>Chulàpu</i>	2 42 50
en el centro de la Tierra T	9 21
E	90 04 40½
B	87 17 10
A	2 38 09½

Ang. de altura en <i>Chichichòco</i> observ. à <i>Chulàpu</i>	0 27 05
depression en <i>Chulàpu</i>	39 05
en el centro de la Tierra T	12 00
E	90 06 00
B	89 20 55
A	33 05

Ang. de altura en <i>Jivicàtsu</i> observ. à <i>Chichich.</i>	0 55 30
depression en <i>Chichichòco</i>	1 09 19
en el centro de la Tierra T	13 49
E	90 06 54½
B	88 50 41
A	1 02 24½

Ang. de altura en <i>Chichichòco</i> observ. à <i>Mulmùl</i>	1 13 05
depression en <i>Mulmùl</i>	1 20 30
en el centro de la Tierra T	7 25
E	90 03 42½
B	88 39 30
A	1 16 47½



Ang. de altura en <i>Jivicàt</i> su observan. à <i>Mulmùl</i>	1° 42' 30"
depreesion en <i>Mulmùl</i>	1 56 32
en el centro de la Tierra T	14 02
E	90 07 01
B	88 03 28
A	1 49 31

Ang. de altura en <i>Chichichòco</i> observ. à <i>Guayàma</i>	3 29 35
depreesion en <i>Guayàma</i>	3 35 29
en el centro de la Tierra T	5 54
E	90 02 57
B	86 24 31
A	3 32 32

Ang. de altura en <i>Mulmùl</i> observan. à <i>Guayàma</i>	2 07 35
depreesion de <i>Guayàma</i>	2 12 58
en el centro de la Tierra T	5 23
E	90 02 41½
B	87 47 02
A	2 10 16½

Ang. de altura en <i>Ilmal</i> observando à <i>Mulmùl</i>	0 10 09
depreesion en <i>Mulmùl</i>	0 22 25
en el centro de la Tierra T	12 16
E	90 06 08
B	89 37 35
A	16 17

Ang.



HECHAS DE ORDEN DE S.M. 237

Ang. de altura en <i>Ilmal</i> observando à <i>Guayàma</i>	1° 22' 59"
depreesion en <i>Guayàma</i>	1 33 48
en el centro de la Tierra T	10 49
E	90 05 24 $\frac{1}{2}$
B	88 26 12
A	1 28 23 $\frac{1}{2}$

Ang. de altura en <i>Ilmal</i> observ. à <i>Sisa-Pòngo</i>	00 23 39
depreesion en <i>Sisa-Pòngo</i>	00 40 15
en el centro de la Tierra T	16 36
E	90 08 18
B	89 19 45
A	31 57

Ang. de altura en <i>Sisa-Pòngo</i> observ. à <i>Guayà.</i>	00 22 40
depreesion en <i>Guayàma</i>	00 38 04
en el centro de la Tierra T	15 24
E	90 07 42
B	89 21 56
A	30 22

Ang. de depref. en <i>Ilmal</i> observand. à <i>Sèsgum</i>	00 31 46
altura en <i>Sèsgum</i>	00 26 28
en el centro de la Tierra T	05 18
E	90 02 39
B	89 28 14
A	29 07

Ang.



Ang. de altura en Sèsgum observ. à Sisa-Pòngo	0° 57' 35"
depresion en Sisa-Pòngo	1 07 45
en el centro de la Tierra T	10 10
E	90 05 05
B	88 52 15
A	1 02 40

Ang. de altura en Sisa-Pòngo observ. à Lanlang.	0 29 45
depresion en Lanlangùso	0 42 35
en el centro de la Tierra T	12 50
E	90 06 25
B	89 17 25
A	36 10

Ang. de altura en Sèsgum observ. à Lanlangùso	1 55 12
depresion en Lanlangùso	2 04 20
en el centro de la Tierra T	9 08
E	90 04 34
B	87 55 40
A	1 59 46

Ang. de altura en Sèsgum observ. à Senegualàp	1 55 28
depresion en Senegualàp	2 03 51
en el centro de la Tierra T	8 23
E	90 04 11½
B	87 56 09
A	1 59 39½

Ang.



HECHAS DE ORDEN DE S. M. 239

Ang. de altura en Senegualàp observ. à Lanlan.	00°	10'	39"
depreſsion en Lanlangùſo	00	22	35
en el centro de la Tierra T		11	56
E	90	05	58
B	89	37	25
A		16	37

Ang. de altura en Chufaì observ. à Lanlangùſo	1	10	03
depreſsion en Lanlangùſo	1	20	05
en el centro de la Tierra T		10	02
E	90	05	01
B	88	39	55
A	1	15	04

Ang. de altura en Chufaì observ. à Senegualàp	00	45	05
depreſsion en Senegualàp	00	58	31
en el centro de la Tierra T		13	26
E	90	06	43
B	89	01	29
A		51	48

Ang. de altura en Senegualàp observ. à Tiolòma	00	03	49
depreſsion en Tiolòma	00	15	39
en el centro de la Tierra T		11	50
E	90	05	55
B	89	44	21
A		9	44

Ang.



Ang. de altura en <i>Chusai</i> observand. à <i>Tioloma</i>	00° 42' 35"
depreesion en <i>Tioloma</i>	00 59 14
en el centro de la Tierra T	16 39
E	90 08 19½
B	89 00 46
A	50 54½

Ang. de altura en <i>Chusai</i> observando à <i>Sinasag.</i>	I 29 02
depreesion en <i>Sinasaguàn</i>	I 42 24
en el centro de la Tierra T	13 22
E	90 06 41
B	88 17 36
A	I 35 43

Ang. de altura en <i>Tioloma</i> observan. à <i>Sinasag.</i>	00 22 31
depreesion en <i>Sinasaguàn</i>	00 40 14
en el centro de la Tierra T	17 43
E	90 08 51½
B	89 19 46
A	31 22½

Ang. de altura en <i>Quinoaloma</i> observ. à <i>Tioloma</i>	00 49 19
depreesion en <i>Tioloma</i>	00 58 59
en el centro de la Tierra T	9 40
E	90 04 50
B	89 01 01
A	54 09

Ang.



HECHAS DE ORDEN DE S.M.

241

Ang. de altura en Quinoalòma observ. à Sinafag.	1° 21' 26"
depression en Sinafaguàn	1 33 06
en el centro de la Tierra T	11 40
E	90 05 50
B	88 26 54
A	1 27 16

Ang. de altura en Bueràn observ. à Sinafaguàn	1 30 42
depression en Sinafaguàn	1 43 04
en el centro de la Tierra T	12 22
E	90 06 11
B	88 16 56
A	1 36 53

Ang. de altura en Bueràn observ. à Quinoalòma	00 03 52
depression en Quinoalòma	00 20 32
en el centro de la Tierra T	16 40
E	90 08 20
B	89 39 28
A	12 12

Ang. de altura en Yafuaì observ. à Quinoalòma	00 37 23
depression en Quinoalòma	00 48 33
en el centro de la Tierra T	11 10
E	90 05 35
B	89 11 27
A	42 58

Hh

Ang.



Ang. de altura en <i>Yasuai</i> observando à <i>Bueràn</i>	00° 21' 08"
depression en <i>Bueràn</i>	00 32 28
en el centro de la Tierra T	11 20
E	90 05 40
B	89 27 32
A	26 48

Ang. de altura en <i>Surampálte</i> observ. à <i>Bueràn</i>	1 06 55
depression en <i>Bueràn</i>	1 13 37
en el centro de la Tierra T	6 42
E	90 03 21
B	88 46 23
A	1 10 16

Ang. de altura en <i>Surampálte</i> observ. à <i>Yasuai</i>	00 08 58
depression en <i>Yasuai</i>	00 21 14
en el centro de la Tierra T	12 16
E	90 06 08
B	89 38 46
A	15 06

Ang. de altura en <i>Guanacañuri</i> observ. à <i>Yasuai</i>	1 48 17
depression en <i>Yasuai</i>	2 05 47
en el centro de la Tierra T	17 30
E	90 08 45
B	87 54 13
A	1 57 02

Ang.



HECHAS DE ORDEN DE SU S.M.

243'

Ang. de altura en <i>Guanacàuri</i> observ. à <i>Suramp.</i>	3° 01' 02"
depreesion en <i>Surampalte</i>	3 09 02 $\frac{1}{2}$
en el centro de la <i>Tierra T</i>	8 00 $\frac{1}{2}$
E	90 04 00 $\frac{1}{4}$
B	86 50 57 $\frac{1}{2}$
A	3 05 02 $\frac{1}{4}$

Ang. de altura en la <i>Torre de Cuenca</i> obs. à <i>Suram.</i>	2 46 08
depreesion en <i>Surampalte</i>	2 55 27 $\frac{1}{2}$
en el centro de la <i>Tierra T</i>	9 19 $\frac{1}{2}$
E	90 04 39 $\frac{3}{4}$
B	87 04 32 $\frac{1}{2}$
A	2 50 47 $\frac{3}{4}$

Ang. de alt. en la <i>Torre de Cuenca</i> obs. à <i>Guanac.</i>	00 03 02
depreesion en <i>Guanacàuri</i>	00 06 10
en el centro de la <i>Tierra T</i>	3 08
E	90 01 34
B	89 53 50
A	4 36

Ang. de altura en <i>Guápulo</i> observ. à <i>Tanlàgua</i>	00 48 29
depreesion en <i>Tanlàgua</i>	1 00 26
en el centro de la <i>Tierra T</i>	11 57
E	90 05 58 $\frac{1}{2}$
B	88 59 34
A	54 27 $\frac{1}{2}$

Hh 2

Ang.



Ang. de altura en <i>Guápulo</i> observ. à <i>Pambam</i> .	1° 51' 03"
depression en <i>Pambamarca</i>	2 05 52
en el centro de la Tierra T	14 49
E	90 07 24½
B	87 54 08
A	1 58 27½

Ang. de altura en <i>Guápulo</i> observ. à <i>Campanario</i>	1 46 35
depression en <i>Campanario</i>	1 55 00
en el centro de la Tierra T	8 25
E	90 04 12½
B	88 05 00
A	1 50 47½

Ang. de altura en <i>Campanar.</i> observ. à <i>Pambam</i> .	0 55 50
depression en <i>Pambamarca</i>	1 10 34
en el centro de la Tierra T	14 44
E	90 07 22
B	88 49 26
A	1 03 12

Ang. de altura en <i>Campanario</i> observan. à <i>Cosin</i>	00 22 55
depression en <i>Cosin</i>	00 43 58
en el centro de la Tierra T	21 03
E	90 10 31½
B	89 16 02
A	33 26½

Ang.



HECHAS DE ORDEN DE S.M.

245

Ang. de altura en Cosìn observando à Pambam.	00° 12' 48"
depreſion en Pambamàrca	00 27 03
en el centro de la Tierra T	14 15
E	90 07 07½
B	89 32 57
A	19 55½

Ang. de altura en Campanar.observ.à Cuicòcha	00 21 39
depreſion en Cuicòcha	00 43 26
en el centro de la Tierra T	21 47
E	90 10 53½
B	89 16 34
A	32 32½

Ang. de depreſion en Cosìn observ.à Cuicòcha	00 03 18
depreſion en Cuicòcha	00 10 41
en el centro de la Tierra T,	13 59
E	90 06 59½
B	89 49 19
A	3 42

Ang. de altura en Mira observando à Cosìn	1 40 45
depreſion en Cosìn	2 03 08
en el centro de la Tierra T	22 23
E	90 11 11½
B	87 56 52
A	1 51 56½

Ang.



Ang. de altura en <i>Mira</i> observando à <i>Cuicòcha</i>	2° 01' 05"
depression en <i>Cuicòcha</i>	2 20 36
en el centro de la <i>Tierra T</i>	19 31
E	90 09 45 $\frac{1}{2}$
B	87 39 24
A	2 10 50 $\frac{1}{2}$

Con estos fundamentos , y la resolucion ordinaria de triangulos, *D. Antonio de Ulloa* deduce las tablas siguientes.

Tabla de las distancias horizontales de unas Señales à otras , reducidas al nivèl de la mas baxa, de las dos que se dàn.

		Distancias horizontales en toefas.
<i>a</i> Fig. 10 Lam. 4	De <i>Curabùru</i> (B) <sup>a</sup> à <i>Pambamàrca</i> (C)	8978. 111
	<i>Oyambàro</i> (A) à <i>Pambamàrca</i> (C)	9790. 779
	<i>Tanlàgua</i> (D)	15657. 752
	<i>Pambamàrca</i> (C) à <i>Tanlàgua</i> (D)	16055. 525
	<i>Pichincha</i> (b) à <i>Tanlàgua</i> (D)	12680. 796
	<i>Pambamàrca</i> (C)	20335. 426
	<i>Pambamàrca</i> (C) à <i>Shangallì</i> (d)	18115. 968
	<i>Pichincha</i> (b) à <i>Shangallì</i> (d)	13224. 176
	<i>el Corazón</i> (G)	21079. 094
	<i>el Corazón</i> (G) à <i>Shangallì</i> (d)	18077. 436
	<i>Shangallì</i> (d) à <i>Pucaguaicu</i> (e)	19247. 207
	<i>Pucaguaicu</i> (e) al <i>Corazón</i> (G)	13206. 381
	<i>el Corazón</i> (G) à <i>Papaùrcu</i> (L)	13416. 777
	<i>Milìn</i> (K)	19174. 104
	<i>Milìn</i> (K) à <i>Papaùrcu</i> (L)	12771. 190
		De



Distancias horizon-  
tales en toefas.

De Milin (K) à	Pucaguaicu (e)	17648.539
Papaureu (L) à	Vengotàsin (M)	12975.449
Milin (K) à	Vengotàsin (M)	12974.662
	Chulàpu (N)	16767.798
Vengotàsin (M) à	Chulàpu (N)	13544.315
	Fivicàtsu (O)	13729.583
Chulàpu (N) à	Fivicàtsu (O)	8152.109
Chichichòco (P) à	Chulàpu (N)	13216.635
Fivicàtsu (O) à	Chichichòco (P)	13741.084
	Mulmùl (Q)	13639.287
Chichichòco (P) à	Mulmùl (Q)	8117.374
	Guayàma (R)	6760.584
Mulmùl (Q) à	Guayàma (R)	6275.801
Guayàma (R) à	Ilmal (S)	11753.091
Mulmùl (Q) à	Ilmal (S)	13461.682
Guayàma (R) à	Sisa-Pòngo (T)	16518.380
Ilmal (S) à	Sisa-Pòngo (T)	16984.369
	Sèsgum (V)	13745.233
Sisa-Pòngo (T) à	Sèsgum (V)	16437.396
	Lanlangùso (U)	13138.066
Sèsgum (V) à	Lanlangùso (U)	12276.655
	Senegualàp (X)	10373.539
Lanlangùso (U) à	Senegualàp (X)	13254.895
	Chufai (Y)	12928.025
Senegualàp (X) à	Chufai (Y)	14354.177
Chufai (Y) à	Tiolòma (Z)	16836.112
Senegualàp (X) à	Tiolòma (Z)	12244.288
Chufai (Y) à	Sinasaguàn ( $\alpha$ )	13587.468
Tiolòma (Z) à	Sinasaguàn ( $\alpha$ )	13396.911
Sinasaguàn ( $\alpha$ ) à	Quinoalòma ( $\beta$ )	11788.048

De



Distancias horizontales en toefas.

De Tioloma (Z) à Quinoaloma ( $\beta$ )	10869.518
Sinasaguàn ( $\alpha$ ) à Bueràn ( $\gamma$ )	12680.533
Quinoaloma ( $\beta$ ) à Bueràn ( $\gamma$ )	16807.548
Yasuai ( $\delta$ )	12370.679
Bueràn ( $\gamma$ ) à Yasuai ( $\delta$ )	12414.655
Yasuai ( $\delta$ ) à Surampälte ( $\pi$ )	14015.866
Bueràn ( $\gamma$ ) à Surampälte ( $\pi$ )	7644.463
Yasuai ( $\delta$ ) à Guanacauri ( $\theta$ )	16306.501
Surampälte ( $\pi$ ) à Guanacauri ( $\theta$ )	9043.932
Guanacauri ( $\theta$ ) à la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )	3478.092
Surampälte ( $\pi$ ) à la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )	9876.712
Pambamarca (C) à Guápulo (E)	15852.117
Tanlàgua (D) à Guápulo (E)	12738.669
Pambamarca (C) à Campanario ( $\zeta$ )	15688.753
Guápulo (E) à Campanario ( $\zeta$ )	8703.901
Campanario ( $\zeta$ ) à Cosìn ( $\phi$ )	21856.588
Pambamarca (C) à Consìn ( $\phi$ )	13578.285
Cosìn ( $\phi$ ) à Cuicòcha ( $\psi$ )	14712.553
Campanario ( $\zeta$ ) à Cuicòcha ( $\psi$ )	23136.673
Cuicòcha ( $\psi$ ) à Mìra ( $\omega$ )	20707.245
Cosìn ( $\phi$ ) à Mìra ( $\omega$ )	23750.297



# Tabla de las alturas de unas Señales respecto de otras.

		toefas
Alt. de <i>Pambamárca</i> (C) sobre	<i>Carabùru</i> (B)	886
	<i>Oyambàro</i> (A)	756
	<i>Tanlàgua</i> (D)	367
	<i>Shangalli</i> (d)	703
	<i>Guàpulo</i> (E)	546
	<i>Campanàrio</i> (ξ)	288
	<i>Cosin</i> (φ)	78
<i>Tanlàgua</i> (D) sobre	<i>Oyambaro</i> (A)	395
	<i>Guàpulo</i> (E)	201
<i>Pichíncha</i> (b) sobre	<i>Tanlàgua</i> (D)	478
	<i>Pambamarca</i> (C)	113
	<i>Shangalli</i> (d)	819
	<i>el Corazòn</i> (G)	017
<i>el Corazòn</i> (G) sobre	<i>Shangalli</i> (d)	807
	<i>Papaùrcu</i> (L)	383
	<i>Milín</i> (K)	419
<i>Pucaguaícu</i> (e) sobre	<i>Shangalli</i> (d)	860
	<i>el Corazòn</i> (G)	050
	<i>Papaùrcu</i> (L)	434
	<i>Milín</i> (K)	469
<i>Papaùrcu</i> (L) sobre	<i>Milín</i> (K)	038
<i>Vengotàsin</i> (M) sobre	<i>Papaùrcu</i> (L)	255
	<i>Milín</i> (K)	299
	<i>Chulàpu</i> (N)	133
	<i>Jivicàtsu</i> (O)	511
<i>Chulàpu</i> (N) sobre	<i>Milín</i> (K)	157
	Ii	Alr.



		toefas
Alt. de Chulàpu (N) fobre	Jivicàtsu (O)	375
	Chichichòco (P)	127
Chichichòco (P) fobre	Jivicàtsu (O)	249
Mulmùl (Q) fobre	Jivicàtsu (O)	434
	Chichichòco (P)	181
	Ilmal (S)	063
Guayàma (R) fobre	Chichichòco (P)	418
	Mulmùl (Q)	237
	Ilmal (S)	302
	Sisa-Pòngo (T)	145
Sisa-Pòngo (T) fobre	Ilmal (S)	157
	Sèsgum (V)	299
Ilmal (S) fobre	Sèsgum (V)	116
Lanlanguso (U) fobre	Sisa-Pòngo (T)	138
	Sèsgum (V)	427
	Senagualap (X)	064
	Chusai (Y)	282
Senagualap (X) fobre	Sèsgum (V)	360
	Chusai (Y)	216
Tiolòma (Z) fobre	Senagualap (X)	034
	Chusai (Y)	249
	Quinoalòma ( $\beta$ )	171
Sinasaguàn ( $\alpha$ ) fobre	Chusai (Y)	378
	Tiolòma (Z)	122
	Quinoalòma ( $\beta$ )	299
	Bueràn ( $\gamma$ )	357
Quinoalòma ( $\beta$ ) fobre	Bueràn ( $\gamma$ )	059
	Yasuai ( $\delta$ )	154
Bueràn ( $\gamma$ ) fobre	Yasuai ( $\delta$ )	96
	Surampalte ( $\pi$ )	156
	Yasui	



HECHAS DE ORDEN DE S. M.

251  
toefas

Alt.de Yafuai ( $\theta$ ) fobre	Surampàlte ( $\pi$ )	061
	Guanacaúri ( $\theta$ )	555
Surampàlte ( $\pi$ ) fobre	Guanacaúri ( $\theta$ )	487
	la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )	491
Guanacaúri ( $\theta$ ) fobre	la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )	004
Campanàrio ( $\zeta$ ) fobre	Guàpulo (E)	280
Cosin ( $\phi$ ) fobre	Campanàrio ( $\zeta$ )	212
	Mira ( $\omega$ )	773
Cuicòcha ( $\Psi$ ) fobre	Campanàrio ( $\zeta$ )	218
	Cosin ( $\phi$ )	16
	Mira ( $\omega$ )	788

En esta ultima tabla se advertiràn algunas diferencias en las alturas de las Señales, si se quieren concluir, por medio de la addicion, ò substraccion unas de otras; lo qual ha procedido, de que muchas veces no se podían observar desde las cumbres de los Paramos los angulos Verticales con mucha comodidad; y menos rectificar el Quarto de circulo; porque los Vientos tan furiosos, que de ordinario corren en aquellos parages, no nos dexaban sossegar el Perpendicular, que señala la division en el Instrumento.

CAPITULO IV.

*Reduccion de las distancias horizontales halladas à un propio Nivèl, y deduccion de una nueva Série de triangulos horizontales.*

**L**As distancias horizontales halladas (respeto de estàr unas Señales mas altas que otras, y haverse solo reducido cada una de ellas al nivèl de la mas baxa de las dos,



que las comprehenden) están precisamente concluidas à distintos niveles, ò planos; es pues necesario reducirlas todas al mismo nivèl, ò distancia de la superficie Terraquea: *Don Antonio de Ulloa* escoge para esto el de *Caraburu*; y supone, que esta Señal està elevada sobre la superficie del Mar 1600 toefas; y ademàs que las perpendiculares tiradas al horizonte se unen todas en el centro de la Tierra; cuyo radio toma de 3269297 toefas, que es el que dà *M. Cassini* en su tomo de la *Magnitud, y figura de la Tierra* pagina 247. Con estos principios, con las alturas de unas Señales sobre las otras yà dadas, y con la misma analogia de que yo me valì en el Capitulo VII de la Seccion antecedente, reduxo las distancias horizontales antecedentes al nivèl de *Caraburo* como se sigue.

Tabla de las distancias horizontales de unas  
Señales à otras, reducidas al nivèl  
de *Caraburu*.

	Distancias horizontales en toefas.
De <i>Caraburu</i> (B) à <i>Pambamàrca</i> (C)	8978. 111
<i>Oyambàro</i> (A) à <i>Pambamàrca</i> (C)	9790. 401
<i>Oyambàro</i> (C) à <i>Tanlàgua</i> (D)	15657. 148
<i>Pambamàrca</i> (C) à <i>Tanlàgua</i> (D)	16052. 968
<i>Pichincha</i> (b) à <i>Tanlàgua</i> (D)	12678. 779
à <i>Pambamàrca</i> (C)	20329. 919
<i>Pambamàrca</i> (C) à <i>Shangallì</i> (d)	18114. 954
<i>Pichincha</i> (b) à <i>Shangallì</i> (d)	13223. 436
el Corazón (G)	21072. 716
el Corazón (G) à <i>Shangallì</i> (d)	18076. 414
De	



De Shangallì (d) à	Pucaguaicu (e)	19246. 130
Pucaguaicu (e) al	Corazòn (G)	13202. 385
el Corazòn (G) à	Papaùrcu (L)	13414. 287
	Milìn (K)	19170. 757
Milìn (K) à	Papaùrcu (L)	12768. 960
	Pucaguaicu (e)	17645. 458
Papaùrcu (L) à	Vengotàsin (M)	12973. 041
Milìn (K) à	Vengotàsin (M)	12972. 397
	Chulàpu (N)	16764. 871
Vengotàsin (M) à	Chulàpu (N)	13541. 301
	Jivicàtsu (O)	13728. 104
Chulàpu (N) à	Jivicàtsu (O)	8151. 231
Chichichòco (P) à	Chulàpu (N)	13214. 207
Jivicàtsu (O) à	Chichichòco (P)	13739. 605
	Mulmùl (Q)	13637. 819
Chichichòco (P) à	Mulmùl (Q)	8115. 882
	Guayàma (R)	6759. 342
Mulmùl (Q) à	Guayàma (R)	6274. 301
Guayàma (R) à	Ilmal (S)	11750. 508
Mulmùl (Q) à	Ilmal (S)	13458. 723
Guayàma (R) à	Sisa-Pòngo (T)	16513. 962
Ilmal (S) à	Sisa-Pòngo (T)	16980. 636
Guayàma (R) à	Sisa-Pòngo (T)	16512. 612
Ilmal (S) à	Sèsgum (V)	13742. 710
Sisa-Pòngo (T) à	Sèsgum (V)	16434. 371
Sisa-Pòngo (T) à	Lanlangùso (U)	13134. 552
Sèsgum (V) à	Lanlangùso (U)	12274. 396
	Senegualàp (X)	10371. 630
Lanlangùso (U) à	Senegualàp (X)	13250. 994
	Chufai (Y)	12925. 073

De



	Distancias horizon- tales en toefas.
De Senegualàp (X) à Chufai (Y)	14350. 899
Chufai (Y) à Tiolòma (Z)	16832. 268
Senegualàp (X) à Tiolòma (Z)	12240. 684
Chufai (Y) à Sinafaguàn ( $\alpha$ )	13584. 365
Tiolòma (Z) à Sinafaguàn ( $\alpha$ )	13392. 829
Sinafaguàn ( $\alpha$ ) à Quinoalòma ( $\beta$ )	11785. 071
Tiolòma (Z) à Quinoalòma ( $\beta$ )	10866. 773
Sinafaguàn ( $\alpha$ ) à Bueràn ( $\gamma$ )	12677. 560
Quinoalòma ( $\beta$ ) à Bueràn ( $\gamma$ )	16803. 607
Yasuai ( $\delta$ )	12368. 141
Bueràn ( $\gamma$ ) à Yasuai ( $\delta$ )	12412. 108
Yasuai ( $\delta$ ) à Surampálte ( $\pi$ )	14013. 252
Bueràn ( $\gamma$ ) à Surampálte ( $\pi$ )	7643. 068
Yasuai ( $\delta$ ) à Guanacauri ( $\theta$ )	16305. 888
Surampálte ( $\pi$ ) à Guanacauri ( $\theta$ )	9043. 591
Guanacauri ( $\theta$ ) à la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )	3477. 965
Surampálte ( $\pi$ ) à la Torre de Cuenca ( $\epsilon$ )	9876. 352
Pambamarca(C) à Guàpulo (E)	15850. 576
Tanlàgua (D) à Guàpulo (E)	12737. 430
Pambamarca(C) à Campanàrio ( $\zeta$ )	15685. 885
Guàpulo (E) à Campanàrio ( $\zeta$ )	8703. 055
Campanàrio ( $\zeta$ ) à Cosin ( $\phi$ )	21852. 593
Pambamarca(C) à Cosin ( $\phi$ )	13574. 923
Cosin ( $\phi$ ) à Cuicòcha ( $\psi$ )	14711. 967
Campanàrio ( $\zeta$ ) à Cuicòcha ( $\psi$ )	23132. 417
Cuicòcha ( $\psi$ ) à Mira ( $\omega$ )	20707. 010
Cosin ( $\phi$ ) à Mira ( $\omega$ )	23750. 028

En el Capitulo V de la Seccion antecedente se dixo,  
como era necesario , para hallar todas las inclinaciones de  
los



los lados de los triangulos respecto del Meridiano , reducir à horizontales algunos angulos de los de la primera Série, lo que hice yo en el mismo Capitulo por Trigonometría Esférica ; pero *Don Antonio de Ulloa* para assegurar los calculos , quiso tomarse el trabajo de hacerlo por la plana, cuya via es algo mas larga ; porque le fuè necessario hallar todas las alturas de las Señales las unas respecto de las otras, para reducir à horizontales igualmente todas sus distancias, que es la obra antecedente ; por medio de las quales , y el calculo ordinario deduce una nueva Série de triangulos horizontales , que es la siguiente.

### Série de los triangulos de la Meridiana reducidos à horizontales.

#### 2 Triangulo.

<i>Oyambàro</i> (A)	74° 14' 02 $\frac{1}{2}$ "
<i>Pambamàrca</i> (C)	69 49 33 $\frac{1}{2}$
<i>Tanlàgua</i> (D)	35 56 24

#### 3

<i>Tanlàgua</i> (D)	89 16 32
<i>Pichìncha</i> (b)	52 08 40 $\frac{1}{2}$
<i>Pambamàrca</i> (C)	38 34 47 $\frac{1}{2}$

#### 4

<i>Pichìncha</i> (b)	61 04 45
<i>Shangalli</i> (d)	79 12 30
<i>Pambamàrca</i> (C)	39 42 45



## 5 Triangulo.

<i>Pichincha</i> (b)	58° 22' 59"
<i>Shangalli</i> (d)	83 05 07
<i>el Corazòn</i> (G)	38 31 54

## 6

<i>Shangalli</i> (d)	41 16 58 $\frac{2}{3}$
<i>el Corazòn</i> (G)	74 06 52
<i>Pucaguaicu</i> (e)	64 36 09 $\frac{2}{3}$

## 7

<i>el Corazòn</i> (G)	62 55 03
<i>Pucaguaicu</i> (e)	41 46 18
<i>Milìn</i> (K)	75 18 39

## 8

<i>el Corazòn</i> (G)	41 38 27 $\frac{1}{3}$
<i>Milìn</i> (K)	44 16 13 $\frac{1}{3}$
<i>Papaürçu</i> (L)	94 05 19 $\frac{1}{3}$

## 9

<i>Milìn</i> (K)	60 31 14 $\frac{1}{2}$
<i>Papaürçu</i> (L)	60 30 56 $\frac{1}{2}$
<i>Vengotàsin</i> (M)	58 57 42

## 10

<i>Milìn</i> (K)	52 18 08
<i>Chulàpu</i> (N)	49 17 19
<i>Vengotàsin</i> (M)	78 24 33



## II Triagulo

<i>Vengotàsin</i> (M)	34° 46' 35"
<i>Chulàpu</i> (N)	73 51 54
<i>Jivicàtsu</i> (O)	71 21 31

## I 2

<i>Chulàpu</i> (N)	75 57 17
<i>Jivicàtsu</i> (O)	68 54 31
<i>Chichichòco</i> (P)	35 08 12

## I 3

<i>Jivicàtsu</i> (O)	34 29 09
<i>Mulmùl</i> (Q)	73 26 36
<i>Chichichòco</i> (P)	72 04 15

## I 4

<i>Chichichòco</i> (P)	48 51 18
<i>Mulmùl</i> (Q)	54 13 10
<i>Gayàma</i> (R)	76 55 32

## I 5

<i>Mulmùl</i> (Q)	60 47 09 $\frac{1}{3}$
<i>Guayàma</i> (R)	91 26 10 $\frac{1}{3}$
<i>Ilmal</i> (S)	27 46 40 $\frac{1}{3}$

## I 6

<i>Guayàma</i> (R)	71 36 32 $\frac{2}{3}$
<i>Sisa-Pòngo</i> (T)	41 02 42
<i>Ilmal</i> (S)	67 20 45 $\frac{1}{3}$

Kk

Sisa-



## 17 Triangulo

<i>Sisa-Pòngo</i> (T)	48° 32' 08 $\frac{1}{2}$ "
<i>Sèsgum</i> (V)	67 48 31 $\frac{1}{2}$
<i>Ilmal</i> (S)	63 39 20

## 18

<i>Sisa-Pòngo</i> (T)	47 26 58
<i>Sèsgum</i> (V)	52 01 38
<i>Lanlangùso</i> (U)	80 31 24

## 19

<i>Sèsgum</i> (V)	71 03 34 $\frac{2}{3}$
<i>Lanlangùso</i> (U)	47 45 33 $\frac{1}{3}$
<i>Senegualàp</i> (X)	61 10 52

## 20

<i>Lanlangùso</i> (U)	66 28 48
<i>Senagualàp</i> (X)	55 40 17
<i>Chufai</i> (Y)	57 50 55

## 21

<i>Senagualàp</i> (X)	78 05 53
<i>Chufai</i> (Y)	45 21 49 $\frac{1}{2}$
<i>Tiolòma</i> (Z)	56 32 17 $\frac{1}{2}$

## 22

<i>Chufai</i> (Y)	50 53 15 $\frac{1}{2}$
<i>Tiolóma</i> (Z)	51 54 23 $\frac{1}{2}$
<i>Sinasaguàn</i> (a)	77 12 21



## 23 Triangulo

Tiolòma (Z)	56° 59' 29"
Sinasaguàn (α)	50 38 46½
Quinoalòma (β)	72 21 44½

## 24

Sinasaguàn (α)	86 41 28
Quinoalòma (β)	48 52 05
Bueràn (γ)	44 26 27

## 25

Quinoalòma (β)	47 24 52½
Bueràn (γ)	47 11 38½
Yasuai (δ)	85 23 29

## 26

Bueràn (γ)	85 07 50
Yasuai (δ)	32 55 07½
Surampálte (π)	61 57 02½

## 27

Yasuai (δ)	33 38 24
Surampálte (π)	87 13 24
Guanacauri (θ)	59 08 12

## 28

Surampálte (π)	20 34 58
la Torre de Cuenca (ε)	66 04 59
Guanacauri (θ)	93 20 03



## 29 Triangulo

Tanlàgua (D)	65° 38' 12"
Guàpulo (E)	67 18 22 $\frac{1}{2}$
Pambamàrca (C)	47 03 25 $\frac{1}{2}$

## 30

Guàpulo (E)	72 56 27
Pambamàrca (C)	32 02 02
Campanàrio (Z)	75 01 31

## 31

Pambamàrca (C)	96 21 53
Campanàrio (Z)	38 07 29
Cosin (Φ)	45 30 38

## 32

Campanàrio (Z)	38 02 39
Cosin (Φ)	75 41 44
Cuicòcha (Ψ)	66 15 37

## 33

Cosin (Φ)	59 46 49 $\frac{1}{2}$
Cuicòcha (Ψ)	82 20 43
Mira (ω)	37 52 27 $\frac{1}{2}$



## CAPITULO V.

*De las Observaciones de Azimuth del Sol , y deduccion de las inclinaciones de los lados de los triangulos respecto del Meridiano.*

**D**On Antonio de Ulloa se sirve del mismo methodo, que yo me valì en el Capitulo V. de la Seccion antecedente, para hallar las inclinaciones de los lados de los triangulos respecto del Meridiano , dadas las Observaciones de Azimuth del Sol ; entre las quales se sirve tambien de las tres primeras , que yo puse en el Capitulo citado ; pero como en el calculo empleò Elementos algo distintos , la resulta de dichas tres Observaciones la concluyò con algunos segundos de diferencia , y son como se sigue.

1. Desde Oyambàro (A) Pambamàrca (C)

inclinado del Norte al Este

44° 09' 59"

2.

44 10 49

3. Desde Oyambàro (A) Tanlàgua (D)

inclinado del Norte al Oeste de

30 03 05

Ademàs de estas tres Observaciones , se vale tambien de otras , que hizo con M. M. Bouguer , y la Condamine , en su curso de Observaciones de angulos.

4. El dia 29 de Septiembre de 1738 al tiempo de salir el Sol , observaron desde la Señal de Chichichòco (P), el angulo aparente comprehendido entre el limbo Meridional de aquel Astro , y la Señal de Guayàma (R)

70 32 54

à cuyo tiempo tenia de verdadera altura el

centro del Sol

1 10 00

Este angulo reducido à horizontal es de

70 34 55

del



del qual si se subtrae el semidiametro del Sol  $0^{\circ} 16' 01''$   
 quedará el angulo en *Chichichòco* (P) comprehendido entre la Señal de *Guayama* (R) y el  
 centro del Sol

70 18 54

La declinacion del Sol à aquella hora era de

2 24 34

La Latitud de *Chichichòco* (P) Austral de

1. 22. 04

luego complemento del Azimuth del Sol à la  
 misma hora

87 36 12

de quien si se subtrae el angulo

70 18 54

quedará desde *Chichichòco* (P) *Guayama* (R) del  
 Sur al Este

17 17 18

5. El dia 20 de Octubre de 1738 al tiempo de ponerse el  
 Sol, observaron desde la Señal de *Ilmal* (S), el angulo apa-  
 rente comprehendido entre el limboSeptentrional de aquel  
 Astro, y una punta de Piedra, proxima à la  
 Señal de *Guayama* (R) de

72 01 34

à cuyo tiempo tenía de verdadera altura el  
 centro del Sol

00 41 00

y la punta de Piedra

1 22 35

Este angulo reducido à horizontál es de

72 02 12

La Observacion se hizo sobre la punta de Piedra, porque  
 las Señales de la Meridiana estaban cubiertas de nieblas; de  
 las quales haviendose descubierto la de *Mulmùl* (Q) obser-  
 varon el angulo entre esta Señal, y la punta  
 de Piedra de

27 05 27

que reducido à horizontál es de

27 04 16

al que añadiendo el antecedente

72 02 12

se tendrá el angulo horizontál entre el limbo

Septent. del Sol, y la Señal de *Mulmùl* (Q) de

99 06 28

Semidiametro del Sol aditivo

16 07

An-



Angulo horizontal en *Ilmal* (S) entre el centro del Sol, y *Mulmùl* 99° 22' 35"

La Declinacion del Sol à la hora de la observacion era de 10 31 59

La Latitud de *Ilmal* (S) Austral 1. 39. 17.

luego complemento del Azimuth del Sol à la misma hora 100 31 06

de quien si se subtrae el angulo horizontal 99 22 35

quedará desde *Ilmal* (S) *Mulmùl* (Q) del N. al O. 1 08 31

6. El dia 21 de Octubre al tiempo de ponerse el Sol, observaron desde el mismo parage, el angulo aparente comprehendido entre el limbo Septentrional de aquel Astro, y la propia punta de Piedra de 72 23 47

à cuyo tiempo tenia de verdadera altura el centro del Sol 00 41 00

Este angulo reducido à horizontal es de 72 24 25

al que añadiendo el horizontal entre la punta de Piedra, y la Señal de *Mulmùl* (Q) 27 04 16

se tendrá el angulo horizontal entre el limbo

Septentr. del Sol, y la Señal de *Mulmùl* (Q) de 99 28 41

Semidiametro del Sol aditivo 16 07

Angulo horizontal en *Ilmal* (S) entre el centro del Sol, y *Mulmùl* (Q) 99 44 48

La Declinacion del Sol à la hora de la observacion era de 10 53 40

luego complemento del Azimuth del Sol à la misma hora 100 52 48

de quien si se subtrae el angulo horizontal 99 44 48

quedará desde *Ilmal* (S) *Mulmùl* (Q) del N. al O. 1 08 00

Con estas 6 inclinaciones *Don Antonio de Ulloa* concluye afsi todas las demás.



1. Desde <i>Oyambaro</i> (A) <i>Pambamarca</i> (C) inclinado del Norte al Este	44° 09' 59"
Angulo horizontal en <i>Oyambaro</i> entre <i>Pambamarca</i> (C) y <i>Tanlagua</i> (D)	74 14 02
Desde <i>Oyambaro</i> (A) <i>Tanlagua</i> (D) del Norte al Oeste	30 04 03
Ang. hor. en <i>Tan.</i> (D) ent. <i>Pamb.</i> (C) y <i>Oyam.</i> (A)	35 56 24
<i>Pichinca</i> (b)	89 16 31
su diferencia es el angulo horizontal en <i>Tanlagua</i> (D) entre <i>Oyambaro</i> (A) y <i>Pinchinca</i> (b)	53 20 07
de quien substrayendo la inclinacion anteced.	30 04 03
quedarà desde <i>Tanlagua</i> (D) <i>Pinchinca</i> (b) del Sur al Oeste	23 16 04
2. Desde <i>Oyambaro</i> (A) <i>Pambamarca</i> (C) inclinado del Norte al Este	44 10 49
Esta observacion se diferencia de la primera en	50
luego quedarà por èsta desde <i>Tanlagua</i> (D) <i>Pinchinca</i> (b) del Sur al Oeste	23 16 54
3. Desde <i>Oyambaro</i> (A) <i>Tanlagua</i> (D) inclinado del Norte al Oeste	30 03 05
Angulo horizontal en <i>Tanlagua</i> (D) entre <i>Oyambaro</i> (A) y <i>Pinchinca</i> (b)	53 20 07
luego desde <i>Tanl.</i> (D) <i>Pich.</i> (b) del Sur al Oeste	23 17 02
Tomando un medio entre estas tres resultas de la direccion de <i>Pinchinca</i> (b) visto de <i>Tanlagua</i> (D) Don Antonio de Ulloa la establece de	23° 16' 40"

Despues de esto añadiendo, ò substrayendo los angulos horizontales, que antes se dieron, como expliquè en el Capitulo V. de la Seccion antecedente, concluyò las demàs en esta forma.

Queda



HECHAS DE ORDEN DE S. M.

265

Queda desde <i>Pich.(b)</i> el <i>Corazòn(G)</i> del S.al O.	14°	53'	04"
<i>el Corazòn(G)</i> <i>Milín(K)</i> del S.al O.	10	26	53½
<i>Milín(K)</i> <i>Chulàpu(N)</i> del S.al E.	12	27	31½
<i>Chulàpu(N)</i> <i>Chichic.(P)</i> del S. al O.	6	38	58
<i>Chichich.(P)</i> <i>Guay.(R)</i> del S.al O.	17	17	17

Esta resulta conviene muy bien con la ob-  
servacion 4 que dà esta direccion de

Queda desde <i>Guayàma(R)</i> <i>Ilmal(S)</i> del S. al E.	28	55	35
<i>Mulmúl(Q)</i> <i>Ilmal(S)</i> del Sur al E.	1	08	55

Esta resulta conviene asimismo con la  
observacion 5 que dà esta direccion de  
y con la 6 que la dà de  
pues no hay en qualquiera de ellas 1 minuto de diferencia.

Queda desde <i>Guay.(R)</i> <i>Sisa-Pòngo(T)</i> del S.al E.	42	40	58
<i>Sisa-Pòngo(T)</i> <i>Lanl.(U)</i> del S.al E.	00	17	14
<i>Lanlang.(U)</i> <i>Chufai(Y)</i> del S.al E.	14	28	31
<i>Chufai(Y)</i> <i>Sinasag.(α)</i> del S. al E.	11	25	30
<i>Sinasag.(α)</i> <i>Bueràn(γ)</i> del S.al E.	23	07	05
<i>Bueràn(γ)</i> <i>Suramp.(π)</i> del S.al E.	19	53	00
<i>Sur.(π)</i> <i>la Torre de C.(ε)</i> del S.al O.	9	38	25
<i>la Torre(ε)</i> el Observatorio del			

Sur al Oste 116½ toefas

9 38 25

Para proseguir con las direcciones de los lados, que quedan à la parte del Septentrion de *Pichincha(b)* se vale de este methodo.

Del angulo horizontal en *Tanlágua(D)* entre

*Pambamárca(C)* y *Pichincha(b)*

89 16 32

subtrae el angulo horizontal en *Tanlág. (D)*

entre *Pambamárca(C)* y *Guápulo(E)*

65 38 12

y queda el angulo horizont. en *Tanlágua(D)*

entre *Pichincha(b)* y *Guápulo(E)*

23 38 20

LI

de



de quien substrayendo la direccion de <i>Pichincha</i> (b) establecida	23° 16' 40"
quedarà desde <i>Tanlàgua</i> (D) <i>Guàpulo</i> (E) del Sur al Este	CO 21 39
Del angulo horizontàl en <i>Guàpulo</i> (E) entre <i>Pambamàrca</i> (C) y <i>Campanàrio</i> (ζ)	72 56 27
subtrae el angulo horizontàl en <i>Guàpulo</i> (E) entre <i>Pambamàrca</i> (C) y <i>Tanlàgua</i> (D)	67 18 22
y queda el angulo horizontàl en <i>Guàpulo</i> (E) entre <i>Tanlàgua</i> (D) y <i>Campanàrio</i> (ζ)	05 38 05
à quien añadiendo la direccion antecedente	00 21 39
queda desde <i>Guàp.</i> (E) <i>Camp.</i> (ζ) del Norte al O.	5 59 44
<i>Camp.</i> (ζ) <i>Cuicòcha</i> (ψ) del N. al O.	22 48 37
<i>Cuicòcha</i> (ψ) la Señal de <i>Mira</i> (ω)	
del Norte al Este	54 12 17
esta Señal el Observ. del S. al O.	82 15 13

## CAPITULO VI.

*De la deduccion de las distancias entre los paralelos de las Señales, y su reduccion à la superficie del Mar.*

**H**Aviendose visto en el Capitulo VI de la Seccion antecedente el methodo, y analogia, con que se deben hallar las distancias entre los paralelos de las Señales, dadas sus distancias horizontales, y sus inclinaciones respecto del Meridiano, no será necesario dàr aquí mas que la resulta, que tuvo *Don Antonio de Ulloa* de semejante calculo, que se reduce à la tabla siguiente: para la inteligencia de la qual es bien notar, que desde el paralelo de *Cuicòcha*



*cha* ( $\Psi$ ) al de la Señal de *Mira* ( $\omega$ ) se hallan 12128. 372 toefas, de cuya distancia se han substraído 170. 62, que esta Señal se halla mas al Septentrion, que el Observatorio de *Pueblo viejo*; y afsimifmo, que de la de *Surampalte* ( $\pi$ ) à la *Torre de Cuenca* ( $\epsilon$ ) se hallan 9736. 791 toefas, à cuya distancia se han añadido 114. 853, que la *Torre* està al Septentrion del otro Observatorio.

A demàs de esto del paralelo de *Tanlàgua* (D)

al de *Pichincha* (b) hay 11646. 749

y del de *Pichincha* (b) al del *Corazòn* (G) 20365. 638

luego desde el de *Tanlàgua* (D) al del *Coraz.* (G) 32012. 387

Del de *Tanlag.* (D) al de *Guápulo* (E) se hallan 12737. 148

luego desde el de *Guapulo* (E) al del *Coraz.* (G) 19275. 239

## Tabla de las distancias entre los paralelos de las Señales Occidentales de la Meridiana.

Entre los de <i>Pueblo viejo</i> , y <i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ )	11957. 752
<i>Cuicòcha</i> ( $\Psi$ ) y <i>Campanario</i> ( $\zeta$ )	21323. 270
<i>Campanario</i> ( $\zeta$ ) y <i>Guápulo</i> (E)	8655. 453
<i>Guápulo</i> (E) y el <i>Corazòn</i> (G)	19275. 239
el <i>Corazòn</i> (G) y <i>Milín</i> (K)	18850. 289
<i>Milín</i> (K) y <i>Chulápu</i> (N)	16370. 076
<i>Chulápu</i> (N) y <i>Chichichòco</i> (P)	13125. 317
<i>Chichichòco</i> (P) y <i>Guayáma</i> (R)	6454. 071
<i>Guayáma</i> (R) y <i>Sisa-Pòngo</i> (T)	12138. 182
<i>Sisa-Pòngo</i> (T) y <i>Lanlangùso</i> (U)	13134. 390
<i>Lanlangùso</i> (U) y <i>Chufai</i> (Y)	12514. 538
<i>Chufai</i> (Y) y <i>Sinasaguán</i> ( $\alpha$ )	13315. 348



Entre los de <i>Sinasaguán</i> ( $\alpha$ ) y <i>Buerán</i> ( $\gamma$ )	11659.234
<i>Buerán</i> ( $\gamma$ ) y <i>Surampálte</i> ( $\pi$ )	7187.278
<i>Suramp.</i> ( $\pi$ ) y el Observ. de <i>Cuenca</i>	9851.644
Suma	<u>195817.081</u>

Esta suma es la distancia entre los paralelos de los dos Observatorios de *Pueblo viejo*, y *Cuenca* à la altura del nivèl de *Carabùru*, que supuso *D. Antonio de Ulloa* estàr 1600 toefas sobre la superficie del Mar. Esta suposicion se aleja algo de lo veridico, pero no pudo sin embargo haver producido yerro de momento en el Capitulo IV donde se empleò, porque el exceso que en esta altura huviere, equivale à la suposicion de tomar de igual cantidad mayor el radio de la Tierra, en la qual 400, ò 500 toefas mas, ò menos no produce yerro sensible, en la reduccion de los lados à horizontales; pero en el caso presente donde necesitamos reducir la suma concludida al nivèl del Mar, es preciso poner en ello mayor atencion.

Yà se viò en el Libro IV de las experiencias del Barometro, que la altura de *Carabùru* sobre la superficie del Mar concludida por la ley de la dilatacion del Ayre, es de 1155 toefas; y por la progresion Arithmetica, que establecì de 1283, cuyas determinaciones no se alejan mucho de la que diò por geometria *M. Bouguer* de 1214; por lo qual *Don Antonio de Ulloa* la supone de 1268, y reduce la suma dada al nivèl del Mar, disminuyendola de lo que le corresponde por estas 1268 toefas, cuya cantidad 76.485 la halla con esta analogia; el radio de la Tierra 3269297 ÷ 1268 es à la suma 195817.081:

como las 1268, à

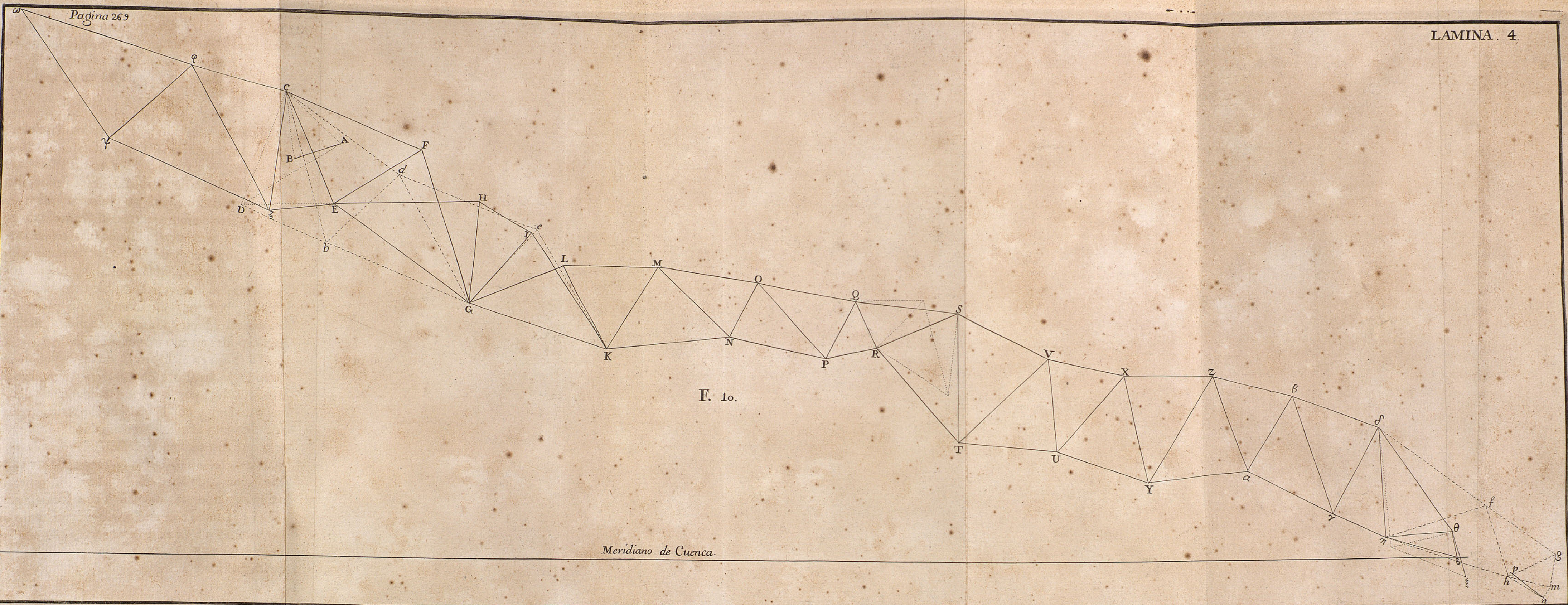
76.485.

Si esta cantidad

76.485

se











se subtrae de la suma

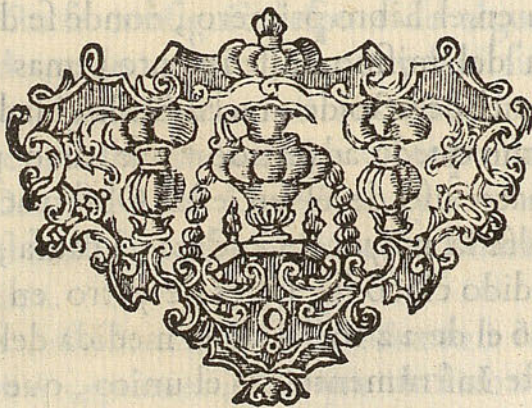
195817.081

quedarà la distancia entre los paralelos de los dos Observatorios reducida al nivèl del Mar

195747.596

Esto es , en la suposicion de tener la Base de *Yaruguì* 6274 toefas justas ; pero como diximos en el Capitulo I, que *M. Bouguer* la acortò 9 pulgadas , es necesario disminuir la cantidad 195747.596 , en la misma razon en que estàn 6274 toefas con 6274 to.— 9 pulgadas ; y quedarà entonces por la verdadera distancia entre los paralelos de los Observatorios de *Cuenca* , y *Pueblo viejo* la de 195743.697 ; que no difiere de mi determinacion dada en la Seccion antecedente, mas que en 18.3 toefas.

Sin embargo de ser esta cantidad sumamente corta, podemos tomar un medio entre las dos determinaciones, y assentar , que del paralelo del Observatorio de *Cuenca* al de *Pueblo viejo* hay despues de hecha toda correccion , y reduccion 195734.547. toefas del piè de *Rey del Chastelet de Paris*.





## SECCION III.

Sobre la amplitud del arco comprendido  
entre los dos Observatorios.

## CAPITULO I.

*Descripcion del Instrumento , que se ideò , propio para hacer  
las Observaciones Astronómicas , y uso,  
que hicimos de él,*

CONocida yà la distancia en toefas entre los paralelos de los dos extremos de la Série de triangulos , ò el arco de Meridiano terrestre , solo faltaba , para determinar el valor del grado , deducir la diferencia en Latitud entre dichos dos extremos , ò la amplitud del mismo arco. Para practicar esta operacion , llevaron los Académicos Franceses el Instrumento de 12 pies de radio, con el qual se hicieron las Observaciones de la Obliquidad de la Ecliptica, que se vieron en el Libro primero , donde se diò tambien la descripcion del mismo Instrumento ; mas como se le conociò à èste el defecto de mucha flexibilidad en la barra principal , como quedò advertido <sup>a</sup>, se tuvo por conveniente , no hacer uso de èl en estas Observaciones , que piden se emplee la mayor delicadeza ; à causa , que segun el arco yà medido cinco segundos de yerro en ellas huvieran producido el de 22 toefas en la medida del grado.

Como este Instrumento era el unico , que se tenía , y que pudiera haver sido empleado en las Observaciones de esta especie , haviendole abandonado por su defecto , fué  
pre-



preciso idear otro mas justificado. Dedicòse à esto *M. Godin*, y construyò uno de 20 pies de radio, que se suspendia por una bola de cobre, que tenia hecha firme mas arriba del centro, en la barra de hierro principal, que va hasta el limbo; y fuè del que nos servimos en *Cuenca* en las Observaciones, que hicimos *M. Godin*, *Don Antonio de Ulloa*, y yo à fines del año 1739; en las quales siempre encontrabamos diferencias considerables, cuyo origen no pudimos averiguar en mucho tiempo; sin embargo algunas consideraciones me hicieron notar en èl, que el movimiento que se le daba à el limbo, por medio de tornillos, con que estaba sugeto por abaxo, no era igual, ò correspondiente, al que la bola de suspension hacia, à causa de la gran longitud del Instrumento, que le hacia flexible; y como su flexibilidad no era igual en todas las ocasiones, que se movia el Instrumento, se seguia precisa diferencia en èl; y por consiguiente en las Observaciones, las quales nos fuè preciso abandonar, igualmente que el Instrumento, y dedicarnos à idear otro, que las diera mas justificadas.

En efecto se consiguiò despues de algunos dias; pero saliò tan adecuado, exacto, firme, y facil su manejo, que nos hizo notar movimiento extraño en latitud en las Estrellas, de que nos servimos en las Observaciones, que fueron  $\epsilon$  de Oriòn,  $\theta$  de Antinous, y  $\alpha$  de Aquario; pues mientras esta Estrella disminuia su Declinacion,  $\epsilon$  de Oriòn la aumentaba.

Dimos aviso de este descubrimiento à *M. M. Bouguer*, y *la Condamine*, quienes, aunque dudaron de ello, queriendo atribuir algun defecto à nuestro Instrumento, quedaron satisfechos por varias observaciones, que repitieron con



con anteojos fixados en la Pared , donde se notò sensiblemente el movimiento de  $\epsilon$  de Oriòn.

e Fig. 1.  
Lam. 5.

Consistia este Instrumento en una pieza de madera AB <sup>a</sup> de 20 pies de largo , con 6 pulgadas de grueso , en donde se embutiò , y clavò la barra de hierro CD , por medio de los clavos E ; con lo qual quedaba sin flexibilidad alguna , que era el defecto del segundo Instrumento.

En el extremo B de la pieza de madera havia dos pedazos de la misma especie F , que la cruzaban , firmemente clavados; en donde se embutiò la barra de hierro GH , que llevaba clavado el limbo IK de cobre , despues de estàr clavada , y remachada en el extremo de la primer barra de hierro , de suerte que quedaba esta armazòn firme , y sólida.

De la barra de hierro CD se levantaban perpendicularmente las horquetas de hierro L ; con las quales se mantenìa firme el anteojo MN de 20 pies de largo , montado con el Micrometro O.

En el extremo D de la barra de hierro estaba colocado el centro P , que era una plancha de cobre , de donde se levantaban perpendicularmente unas pinzas , y de ellas pendia un aplomo de pita , cuyo peso Q era de 4 onzas; mas en la parte correspondiente al limbo , en lugar de ser el aplomo de pita , era de un hilo muy delgado de plata , cuyo Diametro era  $\frac{3}{100}$  de linea , que batia sobre el punto R , unica division hecha en el limbo , que tenia de grueso dos Diametros del hilo de plata , ò  $\frac{6}{100}$  de linea.

Para montar este Instrumento tan pesado , y manejarle con facilidad , se clavò una braza dentro de la tierra el Cilindro de madera S , quedandole fuera la longitud de dos pies ; y sobre su cabeza estaba asentada , de suerte que pu-



pudiera dár buelta al rededor , la tabla TU ; y sobre ésta la YX , que se movía de adelante atrás , por medio de los tornillos Z. Ademàs de esta havía la tabla  $\alpha$  , sobre la YX , que se movía por medio del tornillo  $\beta$  de la derecha à la izquierda , todo con gran suavidad , y delicadeza.

Sobre la tabla  $\alpha$  estaba medio embutido el quadrado de hierro  $\gamma$  ; y en èl descansaba en un pequeño hoyo el espigòn de hierro  $\delta$  , que estaba clavado à la pieza de madera AB ; y le servía à ésta de Exe en su movimiento , teniendo su semejante en el otro extremo , que passaba por la hembra  $\pi$  ; la que por medio de un gozne en  $\phi$  estaba hecha firme al espigòn  $\nu$  ; y éste clavado en una viga , que atravesaba la casa , de piè y medio de grueso.

Con solo lo dicho , y la figura del Instrumento me parece suficiente , para que conciba el inteligente su manejo. El limbo IK tenía suficiente longitud , para comprehender entre los dos puntos R un angulo , formado en el centro P , duplo de la distancia de las Estrellas , de que nos serviamos al Zenith : de suerte , que estando el anteojo en medio del Instrumento , formaba con el aplomo un angulo , igual à la distancia de las Estrellas al Zenith : y batiendo el aplomo en el punto R , todas las tres Estrellas  $\epsilon$  ,  $\theta$  , y  $\alpha$  passaban dentro del anteojo ; con lo qual puesto el limbo del Instrumento exactamente segun el Meridiano , y tambien la tabla TU , tornandola lo necessario , se sugetaba el Instrumento por medio de la tabla  $\zeta$  , que estaba clavada à la pieza de madera AB , para que quedasse constante en esta situacion : esto es , en el Meridiano ; y para que quedasse todo el cuerpo del Instrumento al mismo tiempo en el propio plano del Meridiano , se hacia caminar con los dos tornillos Z la tabla YX de Occidente



à Oriente , hasta que el aplomo rasasse el limbo IK , y la Estrella passasse por el hilo Vertical del anteojo , quando se hallaba exactamente en el Meridiano; valiendose al mismo tiempo del tornillo  $\beta$  para hacer mover la tabla  $\alpha$  Norte Sur ( y por consiguiente el limbo del Instrumento ) hasta que quedasse el punto R exactamente debaxo del aplomo ; à cuyo tiempo se ponìa el hilo del Micrometro O sobre la Estrella.

El methodo con que inquirimos el tiempo , en que la Estrella transitaba por el Meridiano , fuè tomando alturas correspondientes de la misma ; en la propia conformidad, <sup>a pag. 67.</sup> que se dixo en el Libro tercero <sup>a</sup> se hacia con el Sol.

Para evitar el movimiento del peso Q , que era grande à causa de la longitud del aplomo , se sumergia en un vaso de agua , la que le impedia las oscilaciones , cerrando al mismo tiempo toda puerta , y ventana del quarto , para que no entrasse viento , y solo quedaba en el techo de la casa un agujero del grueso del anteojo , por donde se dirigia la visual de este.

Despues de hechas varias observaciones, estando el limbo del Instrumento àcia el Oriente , se bolteaba por medio de la tabla TU, y el espigòn alto A, de fuerte, que quedasse al Occidente ; y en este caso , si antes batia el aplomo en el punto R de la izquierda , batia ultimamente en el otro de la derecha , y se hacian nuevas , è iguales observaciones.

La suma de las observaciones de un lado , y otro : esto es , la distancia de los dos puntos R , comprehendia un angulo , como tengo dicho , duplo de la distancia de las Estrellas al Zenith ; por lo que para saber esta distancia , era preciso inquirir el angulo , que los dos puntos R comprehendian , respecto del centro P; lo qual no podia concluirse



se de otra fuerte, que midiendo los tres lados PR, PR, RR, cuya operacion es de lo mas dificultoso de toda la obra, respecto que con poco yerro, se comete uno muy considerable en la determinacion del grado, y así pedia se empleasse notable sutileza: pero es necesario advertir, que quanto mayor fuesse el Instrumento, menos sensible se haria el yerro.

El methodo que empleamos para medir los tres lados, fuè sirviendonos de un hilo de plata, de media linea de grueso, y 21 pies de largo AB<sup>a</sup>, en cuyos extremos tenia <sup>a Fig. 2.</sup> passos de tornillo. En el superior A se prendia por medio de los passos la tarraxa CD, que tenia el espigòn E con rosca para madera, à fin de clavarle en la viga donde estaba el grande Instrumento; y en el inferior B se suspendiò el peso P de 24 libras, el qual mantuvo el hilo 8 dias, para que se estendiesse todo lo posible.

Estando el hilo en este estado, lo arrimabamos al grande Instrumento, y assentando la tarraxa en las dos puntas del Instrumento XI, quedaba el extremo superior del hilo tocando debaxo de las Pinzas, que havian servido de centro; y batiendo al mismo tiempo en el punto R del limbo del Instrumento, que estaba teñido de negro, se estampò en el hilo, con lo que quedò transferida la primera distancia PR del Instrumento, haviendo hecho igual operacion para transferir la segunda; y sin quitar el hilo de plata de la suspension, y tension en que se hallaba, se tomò con un Compàs de vara la distancia RR, y se le señalò igualmente al hilo.

Yà transferidas las tres distancias PR, PR, RR al hilo de plata, se quitò de la suspension en que se hallaba, y se tendiò horizontalmente sobre un plano unido, con



igual fuerza à la de gravedad de 24 libras de peso, que mantenìa; y habiendo conservado el Compàs de vara en la misma abertura RR, se fuè transfiriendo su distancia catorce veces, desde los puntos marcados en el hilo ( correspondientes à los R del Instrumento ) àcia el extremo A del mismo, en donde sobró ademàs una distancia entre quarto, y quinto de RR.

Para saber su exacta proporcion, teniamos un Micrometro, adaptado al Compàs de vara, con el qual examinò *Don Antonio de Ulloa* las partes de èste, que comprehendìa la distancia RR, y asimismo, la que havia sobrado al extremo del hilo. Este methodo es muy justificado, y el que se practica por lo ordinario; pero yo temiendome, que los passos del Micrometro pudieran no ser iguales; y al mismo tiempo queriendo, que este examen se hiciesse por varias vias, concluí la razon de la distancia RR à la parte que havia sobrado en el extremo del hilo de plata, por medio de un pitipìe muy exacto, que tenìa sobre una plancha de latòn.

La razon pues, segun mi computo, en que se hallaban los tres lados del Instrumento en las observaciones hechas en el Observatorio de *Cuenca*, es

$$\text{El mayor lado PR} = 92398$$

$$\text{menor} \quad 92344$$

$$\text{RR} = 4581$$

con los quales se hallarà, que el angulo comprehendido entre los dos puntos R del Instrumento, formado en el centro P era  $2^{\circ} 50' 29'' 44'''$ .



La razon de los mismos tres lados en las observaciones de *Mira*, ò *Pueblo viejo* la hallè

El mayor lado PR = 92796

menor 92240

RR = 6522

con los quales se hallarà el angulo comprehendido entre los puntos R de  $4^{\circ} 01' 30'' 38'''$ .

*Don Antonio de Ulloa* hallò estas mismas razones por el Micrometro en esta forma:

En *Cuenca*

El mayor lado PR = 361344

menor 361147

RR = 17912

que dàn el angulo comprehendido entre los puntos R de  $2^{\circ} 50' 27'' 59\frac{1}{2}'''$

En *Mira*

El mayor lado PR =  $785312\frac{1}{2}$

menor  $780633\frac{1}{2}$

RR = 55195

que dàn el angulo comprehendido entre los puntos R de  $4^{\circ} 01' 31'' 13'''$ .

## CAPITULO II.

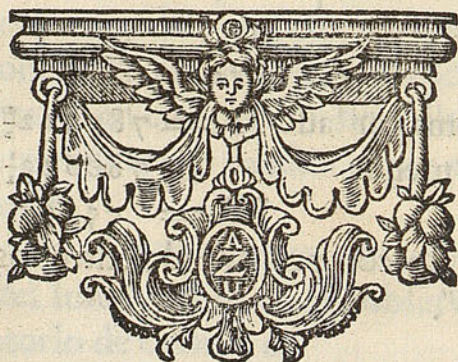
*De las Observaciones hechas en el Observatorio de Cuenca.*

**D**ispuesto el Instrumento en la conformidad, que se dixo en el Capitulo antecedente, se dirigió el antejo à las Estrellas  $\epsilon$  de Oriòn,  $\theta$  de Antinous, y  $\alpha$  de Aquario; pero como éstas no tienen una misma declina-

cion,

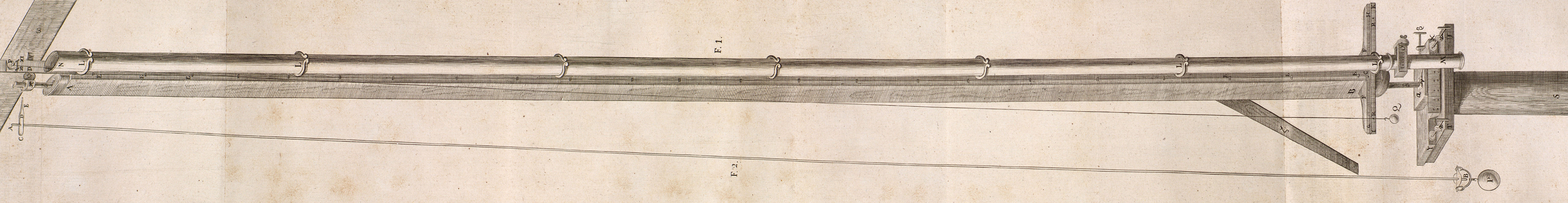


cion , para que todas tres passassen por dentro del anteojo , batiendo el aplomo PQ sobre el proprio punto R , se dispuso , que  $\epsilon$  de Orión , que tiene menos declinación Meridional , passasse con corta diferencia tan distante de centro del anteojo por la parte del Norte , como las otras por la del Sur , cuyas distancias mediamos en las Observaciones , por medio del Micrometro , en quien 1000 partes eran iguales à  $4' 34'' 32'''$  , lo que haviamos concluido por repetidos examenes. Las Observaciones de estas mismas distancias como las hallamos M. Godin , Don Antonio de Ulloa , y yo , que las practicamos en Cuenca el año 1740 , se ven en tabla siguiente.



CAPITULO II.











# Tabla de las Observaciones hechas en Cuenca.

Distancias de las Estrellas del centro del antejo.

El limbo del Instrumento al Oriente.

1740		$\epsilon$ de Orión	$\theta$ de Antinous	$\alpha$ de Aquario
Agosto	19	. . .	4' 15" 36'''	. . .
	20	6' 19" 09'''	. . .	4' 32" 54'''
	23	. . .	4 16 58 $\frac{1}{2}$	. . .
	25	. . .	. . .	4 30 58 $\frac{1}{2}$
	26	6 20 15	4 15 19 $\frac{1}{2}$	4 31 15
	27	. . .	4 17 15	. . .
	30	. . .	4 17 48	4 31 31 $\frac{1}{2}$
Septiembre	1	. . .	4 16 09	. . .
	2	6 15 59 $\frac{1}{2}$	4 21 22	4 22 11 $\frac{1}{2}$
	3	6 18 52 $\frac{1}{2}$	. . .	. . .

El limbo del Instrumento al Occidente.

	3	. . .	. . .	6 12 33 $\frac{1}{2}$
	4	4 24 56	6 10 05 $\frac{1}{2}$	. . .
	5	. . .	6 12 50 $\frac{1}{2}$	. . .
	8	4 28 14	. . .	. . .
	11	. . .	. . .	6 09 15 $\frac{1}{2}$
	13	. . .	. . .	6 04 03
	15	4 30 58 $\frac{1}{2}$	. . .	. . .
	16	. . .	6 13 56 $\frac{1}{2}$	6 06 47 $\frac{1}{2}$

El limbo de nuevo al Oriente.

	18	. . .	4 17 31 $\frac{1}{2}$	. . .
	21	. . .	4 18 54	4 15 52 $\frac{1}{2}$
	22	6 14 12 $\frac{2}{3}$	4 17 48	. . .
	23	6 16 57 $\frac{1}{2}$	. . .	4 16 42
	24	6 15 35	. . .	4 16 42
	25	. . .	. . .	4 18 37 $\frac{1}{2}$

En



En estas Observaciones se debe notar ante todas cosas, que en el intermedio que se hicieron, las Estrellas tuvieron movimiento en declinacion; porque  $\epsilon$  de Orión distaba del centro del anteojo el dia 20 de Agosto  $6' 19'' 09'''$ , quando el dia 22 de Septiembre solo distaba  $6' 14'' 12\frac{2}{3}'''$ ; y  $\alpha$  de Aquario distaba tambien el dia 20 de Agosto  $4' 32'' 54'''$ , quando el dia 21 de Septiembre solo distaba  $4' 15'' 52\frac{1}{2}'''$ ; sin embargo parece, que  $\theta$  de Antinous estaba estacionaria; porque la corta diferencia entre sus Observaciones, mas se puede atribuir à la que precisamente deben ocasionar los Observadores, que à movimiento de la Estrella.

<sup>a</sup> pag. 6.

Yà diximos en el Libro primero <sup>a</sup> como *M. Bradley* nos diò la cèlebre Theorica de la Aberracion de la Luz, con la qual pretende salvar los movimientos en latitud, declinacion, &c. que en las Estrellas han notado varios Astrónomos. A estos pues pudieramos atribuir el de nuestras Estrellas, si no vieramos la poca similitud, que hay entre unos, y otros.

Segun *M. Bradley*  $\epsilon$  de Orión debe parecer mas al Septentrion el dia 22 de Septiembre, que el 20 de Agosto; pero por nuestras Observaciones, esta Estrella distaba menos del centro del anteojo en Septiembre, que en Agosto, estando à la parte del Septentrion del anteojo; luego estaba menos al Septentrion en aquel mes, que en este.  $\alpha$  de Aquario es cierto, que tuvo su movimiento conforme à la Theorica de *M. Bradley*; pero con mas fuerza, que lo que debia ser; porque segun las Observaciones, tuvo desde 20 de Agosto hasta 21 de Septiembre  $17''$  de movimiento en declinacion; quando segun *M. Bradley* de la ninguna à la mayor Aberracion de esta Estrella, no hay diferencia mas que  $8\frac{1}{4}''$ .



Ademas de esto se puede notar en las Observaciones de  $\epsilon$ , que esta Estrella, desde 4 de Septiembre hasta 15, tuvo su movimiento conforme con la Theorica de *M. Bradley*, que pide se acerque al Polo Septentrional, movimiento totalmente opuesto, al que le notamos antecedentemente desde 20 de Agosto hasta 22 de Septiembre; pero es cierto, que segun la Theorica, no debia tener en los 11 dias de intervalo tanto movimiento; no obstante, como siempre se les deslicen algunos segundos à los Observadores, no solo se puede decir, que en este tiempo se conformaba su movimiento con la Theorica, sino que pudo proceder el todo, del error, que inexcusablemente deben cometer los Observadores.

Este hecho se vè claramente cumplido en las Observaciones de  $\theta$  de Antinous; pues de la del dia 1 à 2 de Septiembre se encuentran mas de 5" de diferencia; lo que hace advertir, que no todas las Observaciones han de ser admitidas; debemos pues excluir, las que prudentemente nos parecieron defectuosas; pero si bien se reflexiona, no hallaremos esta circunstancia, mas que en las tres del dia 2 de Septiembre; y asì, consideradas como eximidas de la tabla, nos valdrèmos de todas las demàs, para concluir la distancia de las tres Estrellas al Zenith de Cuenca, sin hacer atencion à la Aberracion, pues yà hemos visto, que no tiene ninguna semejanza con lo observado.

Para esto tomaré un medio arithmetico entre las Observaciones, que es el unico modo de aproximarse mas à la verdad.

El medio entre las Observaciones de  $\epsilon$  de Oriòn estando el limbo del Instrumento al Oriente  
es de

00° 06' 17" 31'''

Nra

y



y el de aquellas en que estuvo el limbo  
al Occidente

00° 04' 28" 03'''

El angulo que se formò en el centro del

Instrumento segun mis medidas es de

2 50 29 44

Suma de las cantidades

3 01 15 18

su mitad es la distancia de  $\epsilon$  à el Zenith  
de *Cuenca*

1 30 37 39

El medio entre las Observaciones de  $\theta$  de Antinous  
estando el limbo del Instrumento al  
Oriente es de

00 04 17 02

y el de aquellas en que estuvo el limbo  
al Occidente

00 06 12 17 $\frac{1}{2}$

Suma

00 10 29 19 $\frac{1}{2}$

La qual quitada del angulo en el centro  
del Instrumento

2 50 29 44

quedan

2 40 00 24 $\frac{1}{2}$

cuya mitad es la distancia de  $\theta$  à el Ze-  
nith de *Cuenca*

1 20 00 12 $\frac{1}{4}$

El medio entre las Observaciones de  $\alpha$  de Aquario es-  
tando el limbo del Instr. al Oriente es de

00 04 24 19

y el de aquellas en que estuvo el limbo  
al Occidente

00 06 08 09 $\frac{1}{2}$

Suma

00 10 32 28 $\frac{1}{2}$

La qual quitada del angulo en el centro  
del Instrumento

2 50 29 44

quedan

2 39 57 15 $\frac{1}{2}$

cuya mitad es la distancia de  $\alpha$  à el Ze-  
nith de *Cuenca*

1 19 58 37 $\frac{3}{4}$

El angulo que se formò en el centro del Instrumento,  
segun el examen de *Don Antonio de Ulloa*, es menor que el  
que yo hallè de 1" 44 $\frac{1}{2}$ ''; luego de la mitad de esta canti-  
dad



dad  $52\frac{1}{4}''$  deben distar menos las Estrellas del Zenith segun *Don Antonio de Ulloa* ; distaràn

pues $\epsilon$ de Oriòn	$1^{\circ} 30' 36'' 46\frac{3}{4}''$
$\theta$ de Antinous	$1 19 59 20$
$\alpha$ de Aquario	$1 19 57 45\frac{1}{2}$

Si se supone ahora , que  $\epsilon$  padeciò  $45''$  de refraccion , y las otras dos Estrellas  $40''$  ; sus distancias del Zenith serán

	Segun mis medidas	Segun las de <i>D. Ant. Ulloa</i>
$\epsilon$ de Oriòn	$1^{\circ} 30' 38'' 24'''$	$1^{\circ} 30' 37'' 31\frac{3}{4}'''$
$\theta$ de Antinous	$1 20 00 52\frac{1}{4}$	$1 20 00 00$
$\alpha$ de Aquario	$1 19 59 17\frac{3}{4}$	$1 19 58 25\frac{1}{2}$

### CAPITULO III.

#### *De las Observaciones hechas en el Observatorio de Pueblo viejo.*

**L**As Observaciones hechas yà al un extremo de la Meridiana, pedían transferirse inmediatamente al otro, para hacer las que nos faltaban; pero como el Virrey de Lima hallò necesario emplearnos à *Don Antonio de Ulloa* , y à mi en otras comissions del Real servicio , mas urgentes, no pudimos emprender las Observaciones de *Pueblo viejo* hasta el año de 1744 , que estuvimos de regreso de *Chile* , donde fuimos embiados; en cuyo intermedio , sin embargo que *M. Godin* havia finalizado las Observaciones correspondientes en 1741 , quedò el Instrumento montado hasta que nosotros usamos de èl.

Estaba dispuesto segun queda referido en los Capítulos primero , y segundo de esta Seccion , y operamos de la



misma forma, que en *Cuenca*. Las Observaciones, segun las hallamos, son las que se siguen en esta tabla.

## Tabla de las Observaciones hechas en *Pueblo viejo*.

Distancias de las Estrellas del centro del anteojo:

El limbo del Instrumento al Oriente.

1744		$\epsilon$ de Orión
Abril	2	* 2' 57" 05'''
	5	* 2 52 24 $\frac{1}{2}$
	6	2 49 24
	7	2 48 51 $\frac{1}{2}$
	13	2 45 49 $\frac{1}{3}$
	14	2 46 55 $\frac{1}{3}$
	16	2 48 18 $\frac{1}{2}$
	20	2 49 41

El limbo del Instrumento al Occidente.

	22	6 52 55 $\frac{1}{2}$		
Mayo	1	* 6 48 16 $\frac{1}{2}$	$\theta$ de Antinous	$\alpha$ de Aquario
	6	. . .	3' 30" 35 $\frac{1}{2}$ '''	2' 59" 17'''
	15	6 56 46	* 3 17 41	2 59 34
	16	. . .	3 25 54 $\frac{2}{3}$	2 57 55

El limbo del Instrumento al Oriente.

18	. . .	7 36 02	7 10 30 $\frac{1}{2}$
21	2 42 15 $\frac{1}{2}$	7 38 48	7 05 01 $\frac{1}{2}$

Las Observaciones notadas con esta señal \* las tuvimos siempre por defectuosas, y así se deben suponer como excluidas de la tabla.

En



En estas Observaciones se pueden hacer los mismos reparos, que se hicieron en las de *Cuenca*; y como concluimos en aquellas con tomar un medio arithmetico entre todas, para deducir la distancia de las tres Estrellas al Zenith, harémos lo propio en éstas.

El medio entre las Observaciones de  $\epsilon$  de Orión estando el limbo del Instrumento la primera vez al Oriente es de

00° 02' 48" 10'''

La última Observacion el limbo tambien al Oriente es de

00 02 42 15 $\frac{1}{2}$

Medio entre estas dos cantidades

00 02 45 12 $\frac{3}{4}$

Medio entre las Observaciones estando el limbo al Occidente

00 06 54 36

Suma de las dos ultimas cantidades

00 09 39 48 $\frac{3}{4}$

la qual quitada del angulo en el centro del Instrumento

4 01 30 38

quedan

3 51 50 49 $\frac{1}{4}$

cuya mitad es la distancia de  $\epsilon$  à el Zenith de *Pueblo viejo*

1 55 55 24 $\frac{5}{8}$

El medio entre las Observaciones de  $\theta$  de Antinous estando el limbo del Inst. al Oriente es de

00 03 38 15

y el de aquellas en que estuvo el limbo al Occidente

00 07 37 25

Suma

00 11 15 40

añadida à el ang. en el centro del Instrum.

4 01 30 38

hacen

4 12 46 18

cuya mitad es la distancia de  $\theta$  à el Zenith de *Pueblo viejo*

2 06 23 09

El medio entre las Observaciones de  $\alpha$  de Aquario estando el limbo del Instrumento al Oriente es de

00 02 58 55

y



y el de aquellas en que estuvo el limbo al

Occidente  $00^{\circ} 07' 07'' 46'''$

Suma  $00 10 06 41$

añadida à el ang. en el centro del Instrum.  $4 01 30 38$

hacen  $4 11 37 19$

cuya mitad es la distancia de  $\alpha$  à el Zenith de *Pueblo viejo*

$2 05 48 39\frac{1}{2}$

El angulo que se formò en el centro del Instrumento, segun el examen de *Don Antonio de Ulloa*, es mayor que el que yo hallè de  $35'''$ ; luego de la mitad de esta cantidad  $17\frac{1}{2}'''$  deben distar mas las Estrellas del Zenith segun *Don Antonio de Ulloa*; distaràn pues

$\epsilon$  de Oriòn  $1^{\circ} 55' 55'' 42\frac{1}{8}'''$

$\theta$  de Antinous  $2 06 23 26\frac{1}{2}$

$\alpha$  de Aquario  $2 05 48 57$

Si se supone ahora, que  $\epsilon$  padeciò  $58'''$  de refraccion, y la otras dos Estrellas  $62'''$ ; sus distancias del Zenith seràn

	Segun mis medidas	Segun las de <i>Don Antonio de Ulloa</i>
$\epsilon$ de Oriòn	$1^{\circ} 55' 56'' 22\frac{5}{8}'''$	$1^{\circ} 55' 56'' 54\frac{1}{8}'''$
$\theta$ de Antinous	$2 06 24 11$	$2 09 24 28\frac{1}{2}$
$\alpha$ de Aquario	$2 05 49 41\frac{1}{2}$	$2 05 49 59$



## CAPITULO IV.

*Determinacion de la amplitud del arco comprendido entre los dos Observatorios.*

**P**Ara deducir la amplitud del arco , comprehendido entre los dos Observatorios , no fuera necesario ahora mas , que sumar la distancia de cada Estrella del Zenith de *Mira* , con su correspondiente del Zenith de *Cuenca* , si las Estrellas en el intervalo de tiempo , en que se hicieron las Observaciones en ambos Observatorios, no huvieran tenido movimiento , que alterasse sus declinaciones , como el que continuamente tienen en longitud; pero haviendo este disminuido la declinacion de las Estrellas , es preciso à la suma , que arriba dixe , añadirle la mutacion en declinacion , que tuvieron , para concluir la amplitud del arco.

Varios Cathalogos nos dan esta mutacion en Declinacion ; pero como las mas veces no sean de la exactitud necesaria , será bueno , que para este caso tan delicado, nos tomemos el trabaxo de calcularla. El methodo regular, es el deducir la declinacion de las Estrellas , para los dos tiempos en que se hicieron las Observaciones , por el Problema , que de ordinario se halla en los principios de Esphera , por el qual dada la latitud , y longitud se concluye la declinacion ; pero mas exacta , y facilmente se resolverà por el siguiente.

Sea en la Ortographica proyeccion de la Esphera sobre el plano del Coluro de los Solsticios AGHFA <sup>a</sup>

EQ La Equinoccial

<sup>a</sup> Fig. 13.  
Lam. 6.

BD



BD Su Exe

FG La Ecliptica

AH Su Exe

\* La Estrella, de quien se pretende inquirir su mutacion en declinacion. Y sean además

CA =  $r$  El RadioHI =  $a$  El Seno de la mayor obliquidad de la EclipticaCI =  $b$  su Seno 2.\*K =  $c$  Seno de la latitud de la EstrellaMP =  $e$  su Seno 2.CL =  $u$  Seno de la distancia de la misma Estrella del punto Equinoccial mas cercano $z$  su Seno 2.\*R =  $x$  Seno de la Declinacion $y$  su Seno 2.CR =  $t$ .

La propiedad de la proyeccion del circulo A\*LH nos dà esta analogia  $r : e = u : M^* = \frac{eu}{r}$ ; y los triangulos

rectangulos CR\*, CM\* esta equacion  $\frac{e^2 u^2}{r^2} + c^2 = x^2 + t^2$ ; de donde quitaremos la  $t$  por medio de los triangulos semejantes CIH, CMN, \*ON; en los quales tenemos  $b : r = c : CN = \frac{rc}{b}$ ; y tambien  $b : a = t : ON =$

$\frac{at}{b}$ ; por lo qual  $\frac{rc}{b} + \frac{at}{b} = CO = x$ ; de donde se deduce  $t = \frac{bx \mp rc}{a}$ ; cuyo valor poniendolo en la equacion de arriba, tendremos  $\frac{e^2 u^2}{r^2} + c^2 = x^2 + \frac{bx \mp rc}{a^2}$  que



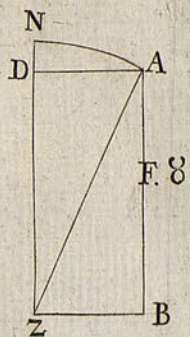
F. 2.



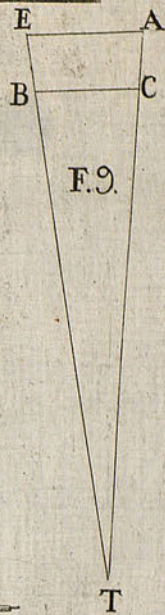
F. 1.



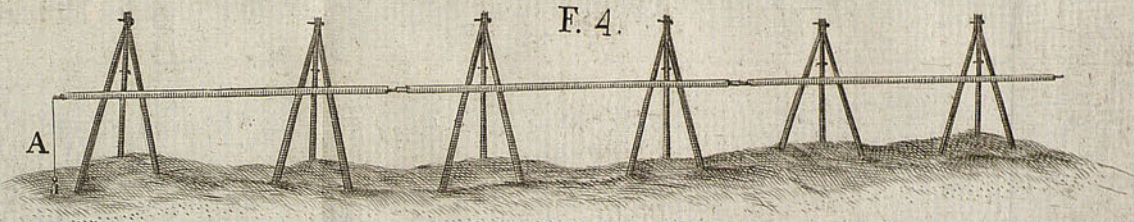
F. 3.



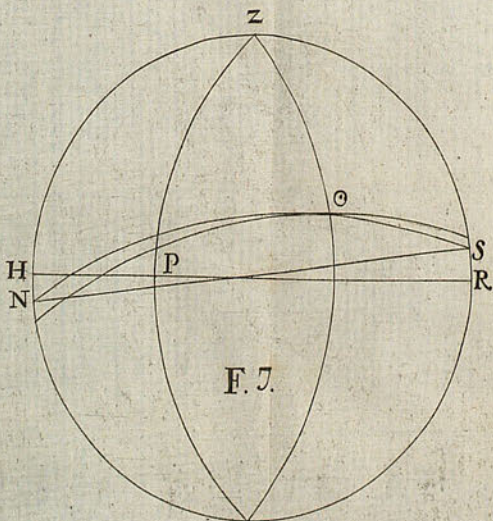
F. 8.



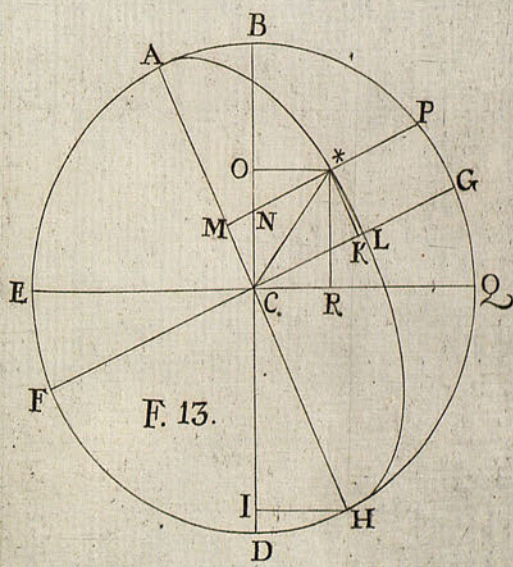
F. 9.



F. 4.



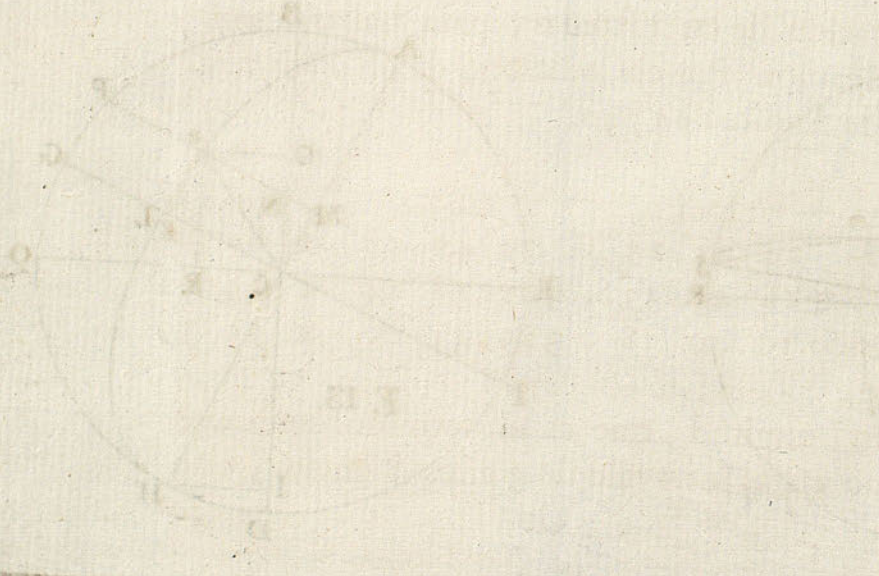
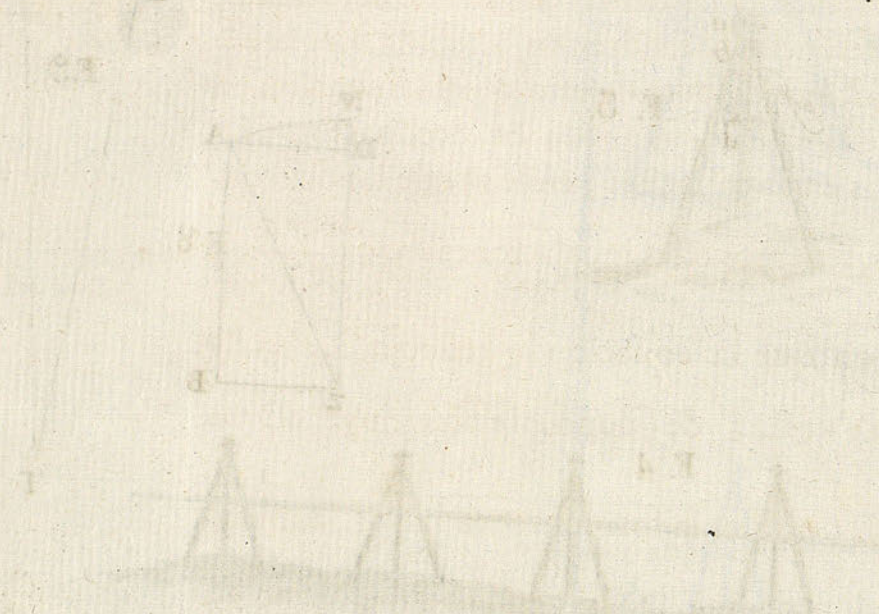
F. 7.



F. 13.



A  
C





que se reduce à  $r^4 x^2 \mp 2r^3 bcx = a^2 e^2 u^2 - r^2 b^2 c^2$ . Suponiendo ahora en esta equacion la declinacion, y la longitud de la Estrella variables, y las demás cantidades constantes; tomando su diferencia, tendrèmos  $r^4 x dx \mp r^3 bcdx = a^2 e^2 u du$ . Si suponèmos despues de esto, que la mutacion en longitud de Estrella es  $dL$ , y aquella en declinacion  $dD$ ; para introducir las en la equacion, en lugar de las diferencias de los Senos, tenèmos estas igualaciones  $du = \frac{z dL}{r}$ , y

$$dx = \frac{y dD}{r}; \text{ con que la equacion se reducirà à } r^4 xy dD \mp r^3 bcy dD = a^2 e^2 uz dL; \text{ de donde se concluye } dD = \frac{a^2 e^2 uz}{r^3 y (rx \mp bc)} dL;$$

que es la formula para hallar la mutacion en declinacion de las Estrellas; en la qual el Signo  $-$  sirve para las Estrellas que tienen su latitud, y declinacion de la misma denominacion, y el Signo  $+$  para las que la tienen distinta.

Segun esta formula necesitamos de la latitud, longitud, y declinacion de las Estrellas, para hallar la mutacion, que deseamos. Por el Cathalogo de *M. Flamsteed* son para fines de Agosto de 1740.

	Latitud	Longitud	Declinacion
De $\epsilon$ de Oriòn	24° 33' 23" M.	79° 49' 58"	1° 24' 37" M.
$\theta$ de Antinous	18.45 33 S.	301 18 14	1 33 42
$\alpha$ de Aquario	10 40 38	329 45 00	1 33 39

La mutacion en Longitud, que es un termino constante para todas, fuè en el intervalo de 3 años 8 meses, que



se passaron entre las Observaciones, de  $3' 04''$ .<sup>a</sup> Ahora pues, si todos estos valores se introducen en la formula, se hallarán las mutaciones en Declinacion como se sigue.

De  $\epsilon$  de Orión  $00' 11'' 46'''$ .

$\theta$  de Antinous  $00 36 24$

$\alpha$  de Aquario  $01 01 57$

Esto concluido, para obtener la amplitud del arco, no hay mas, que sumar estas mutaciones en Declinacion de cada Estrella con sus distancias al Zenith de los dos Observatorios, y tendrémolos

### Por $\epsilon$ de Orión

	Segun mis medidas				Segun las de Don Antonio de Ulloa			
Dist. al Zenith de Cuenca	$1^{\circ}$	30	38	24	$1$	30	37	$31\frac{3}{4}'''$
Pueblo viejo	$1$	55	56	$22\frac{5}{8}$	$1$	55	56	$44\frac{1}{8}$
Mutacion en Declinac.			11	46			11	46
Amplitud del arco		3	26	$46 32\frac{5}{8}$		3	26	$46 01\frac{7}{8}$

### Por $\theta$ de Antinous

Dist. al Zenith de Cuenca	$1$	20	00	$52\frac{1}{4}$	$1$	20	00	00
Pueblo viejo	$2$	06	24	11	$2$	06	24	$28\frac{1}{2}$
Mutacion en Declinac.			36	24			36	24
Amplitud del arco		3	27	$01 27\frac{1}{4}$		3	27	$00 52\frac{1}{2}$

Por

<sup>a</sup> Segun las ultimas Observaciones hechas en Paris, que quiso tomarse el trabajo, y hacerme el favor de comunicarme M. de la Condamine, parece, que esta cantidad debe ser mayor de  $8''$ , por pretenderse que la mutacion en Longitud no sea siempre constante: aunque ello sea así, induce muy poco en el calculo nuestro, y se puede proseguir sin aumentar la cantidad  $3' 4''$  de los  $8''$ : pues estos no alterarán sensiblemente la mutacion en Declinacion de las Estrellas.



Por  $\alpha$  de Aquario

Dist. al Zenith de *Cuenca*  $1^{\circ} 19' 59'' 17\frac{3}{4}'''$   $1^{\circ} 19' 58'' 25\frac{1}{2}'''$

*Pueblo viejo* 2 05 49  $41\frac{1}{2}$  2 05 49 59

Mutacion en Declinac. 1 01 57 1 01 57

Amplitud del arco 3 26 50  $56\frac{1}{4}$  3 26 50  $21\frac{1}{2}$

Tomando un medio entre las tres determinaciones, tendrèmos la amplitud del arco de  $3^{\circ} 26' 53''$   $3^{\circ} 26' 52\frac{1}{2}''$ .

Yà que hemos corregido las Observaciones, que han de determinar la amplitud del arco, por lo que toca al movimiento en Longitud de las Estrellas, podemos tambien hacerlo por motivo del movimiento extraño, que se ha notado en las Estrellas, y que *M. Bradley* atribuye à la Aberracion de la Luz, tomando su Theorica como exacta; porque aunque hayamos visto en el Capitulo tercero, que no conviene muy bien con lo observado; sin embargo, allì pudieron los errores de los Observadores, confundir la diferencia de las Aberraciones, por ser èsta muy corta; lo que no sucederà en el caso presente, que se trata de la diferencia de las Aberraciones, que padecieron las Estrellas, en los tiempos que observamos en *Cuenca*, y *Pueblo-viejo*.

La inteligencia de esta Theorica, y el methodo de calcular la Aberracion, tanto en Latitud, como en Longitud, Declinacion, y Ascension recta, segun dixe en el Libro primero, se ven muy bien explicadas en las *Memorias de la Academia de las Ciencias de Paris* del año 1737 por *M. Clairaut*. Segun la formula, que este Geometra dà para hallar la Aberracion en Declinacion, conclui las siguientes.



Aberraciones en Declinacion, que padecian  
 de Oriòn,  $\theta$  de Antinous, y  $\alpha$  de Aquario,  
 al tiempo que se observaron en *Cuenca*,  
 y *Pueblo viejo*.

En *Cuenca* à fines de Agosto de 1740 las

Estrellas se veian mas al Septentrion,	{ 7" 57 $\frac{1}{2}$ " $\epsilon$
que su lugar verdadero de . . .	{ 8 17 $\theta$
	{ 7 56 $\alpha$

En *Pueblo viejo* à fines de Abril de 1744

las Estrellas se veian mas al Mediodia,	{ 6 21 $\frac{1}{2}$ $\epsilon$
que su lugar verdadero de . . .	{ 5 19 $\theta$
	{ 5 49 $\alpha$

En *Cuenca* las Estrellas parecieron mas al Septentrion, que su verdadero lugar; luego sus distancias al Zenith observadas son mayores, que las verdaderas en la cantidad de la Aberracion.

En *Pueblo viejo* parecieron mas al Mediodia; luego tambien sus distancias al Zenith observadas son mayores, que las verdaderas en la cantidad de la Aberracion. Es pues preciso substraer las dos Aberraciones de la Amplitud del arco arriba determinado, para obtener el corregido, por lo que toca à esta Hypothesis, y quedará entonces

	Segun mis medidas	Segun las de Don Antonio de Ulloa
por {	$\epsilon$ 3° 26 32 13 $\frac{5}{8}$	3° 26 31 42 $\frac{7}{8}$
	$\theta$ 3 26 47 51 $\frac{1}{4}$	3 26 47 16 $\frac{1}{2}$
	$\alpha$ 3 26 37 11 $\frac{1}{4}$	3 26 36 36 $\frac{1}{2}$
Medio entre los tres	3 26 39 05	3 26 38 32
		Para



Para que no nos falte en este particular circunstancia en que no se haya puesto la atencion, harémos reparo, y entraremos en el calculo de la mutacion en Declinacion, que puede proceder de la alteracion de la Obliquidad de la Ecliptica, de que yà se tratò latamente en el Libro primero.

Para esto recogerémos la Equacion de la pagina 289  $r^4x^2 \mp 2r^3bcx = a^2e^2u^2 - r^2b^2c^2$ : y suponiendo que  $x$ ,  $a$ , y  $b$  son variables, mientras las otras cantidades son constantes, tomaremos la diferencia, y resultará . . .

$$r^4x dx \mp r^3bcdx \mp r^3cxdx = ae^2u^2da - r^2bcdx; \text{ pero } . . .$$

$$b : a = da : -db = \frac{ada}{b}; \text{ con que poniendo este va-}$$

lor de  $db$  en la Equacion, quedará en . . .

$$r^4x dx \mp r^3bcdx \mp \frac{r^3acx da}{b} = ae^2u^2da \mp r^2c^2ada. \text{ Supo-}$$

niendo ahora, que la mutacion de la Obliquidad de la Ecliptica sea  $dO$ , y la de la Declinacion de la Estrella  $dD$ ; para introducir estas cantidades en la Equacion tendrémos

$$\text{como antes } dx = \frac{ydD}{r} \text{ y } da = \frac{bdO}{r}; \text{ con que la Equacion se reducirá à } . . .$$

$$r^4xy dD \mp r^3bcy dD \mp r^3acx dO = ae^2u^2bdO \mp r^2ac^2bdO; \text{ de}$$

$$\text{donde se deduce } dD = \frac{be^2u^2 \mp r^2bc^2 \mp r^3cx}{r^3y8rx \mp bc} adO : \text{ que es}$$

la formula para hallar la mutacion en Declinacion, que debe proceder de la alteracion de la Obliquidad de la Ecliptica.

Si se supone ahora, que esta alteracion haya sido en el intervalo de los 3 años 8 meses, que se passaron entre las

Ob-



Observaciones, de 8"; las mutaciones en Declinacion de las Estrellas nacidas de esta causa seràn por la formula.

$$\text{de } \left\{ \begin{array}{l} 7'' \ 54''' \\ 6 \ 57 \\ 4 \ 13 \end{array} \right\} \text{ por } \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon \\ \theta \\ \alpha \end{array} \right.$$

La primer Estrella, en la suposicion de aumentar la Obliquidad de la Ecliptica, disminuyò su Declinacion, y las otras la aumentaron; por lo qual, para corregir la amplitud del arco, comprehendido entre los dos Observatorios, se sumará la primera cantidad, y se restaràn las otras dos; y segun esto, el primer arco concluido, sin hacer atencion à la Aberracion, será

	Por mis medidas	Por las de Don Antonio de Ulloa
Segun	$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon \ 3^{\circ} \ 26' \ 54'' \ 26\frac{5}{8}''' \\ \theta \ 3 \ 26 \ 54 \ 30\frac{1}{4} \\ \alpha \ 3 \ 26 \ 46 \ 43\frac{1}{4} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3^{\circ} \ 26' \ 53'' \ 55\frac{7}{8}''' \\ 3 \ 26 \ 53 \ 55\frac{1}{2} \\ 3 \ 26 \ 46 \ 08\frac{1}{2} \end{array} \right.$
	medio entre los tres	3 26 51 53
		3 26 51 20

Y el mismo arco, comprehendiendo la correccion de la Aberracion, será

	Por mis medidas	Por las de Don Antonio de Ulloa
Segun	$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon \ 3^{\circ} \ 26' \ 40'' \ 07\frac{5}{8}''' \\ \theta \ 3 \ 26 \ 40 \ 54\frac{1}{4} \\ \alpha \ 3 \ 26 \ 32 \ 58\frac{1}{4} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 3^{\circ} \ 26' \ 39'' \ 36\frac{7}{8}''' \\ 3 \ 26 \ 40 \ 19\frac{1}{2} \\ 3 \ 26 \ 32 \ 23\frac{1}{2} \end{array} \right.$
	medio entre los tres	3 26 38 00
		3 26 37 27

Yà nos hallamos aquí con quatro determinaciones de la amplitud del arco, de las quales es preciso escoger una.  
Para



Para esto hemos de atender , que la primera , y tercera convienen à poco mas de un segundo de diferencia , que es cosa despreciable ; por lo qual , y resultar la tercera de la mutacion de la Obliquidad de la Ecliptica , quedamos assegurados , que la misma resulta tendrèmos , haciendo , ò no atencion à esta mutacion. Solo pues nos altera el calculo la Aberracion ; sobre la qual ocurre decir , que aunque varios Astrónomos la han confirmado por sus Observaciones , no parece que generalmente hablando de todas las Estrellas , està muy asegurado de ella el mismo *M. Bradley* ; y en efecto nuestras Observaciones hechas en *Cuenca* la hacen dudar mucho.

Esto supuesto , el arco , à quien nos debemos atener , es el de la primera resolucion , que hallamos segun mis medidas de  $3^{\circ} 26' 53''$  , y segun las de *D. Antonio de Ulloa* de  $3^{\circ} 26' 52\frac{1}{2}''$  ; y si entre estos dos se toma un medio , quedará de  $3 \ 26 \ 52\frac{3}{4}$ .

## CAPITULO V.

*Determinacion del valor del grado de Meridiano contiguo à el Equador.*

**D**Eterminada la distancia en toefas del paralelo del Observatorio de *Cuenca* al de *Pueblo viejo* , y tambien la amplitud del arco comprehendido entre los mismos , no hay mas que partir la primera cantidad por la segunda , para venir en conocimiento del valor del grado de Meridiano contiguo à el Equador ; hagase pues la operacion , y se hallará este grado de 56767.788 toefas del piè de Rey del *Chastelet de Paris*.

Si



Si se quisiere comparàr este grado con otro , es necesario atender al grado de Frio , ò Calor , sobre el qual està fundada la medida ; teniendo presente , que èsta ( segun diximos en el Capitulo tercero de la Seccion primera de este Libro ) està establecida sobre el grado 23 del Thermometro de *M. de Reaumur*.

No se imagine ahora , sin embargo de todas las precauciones que se han notado , que este grado està concluido à la toesa justa , como algunos Authores quieren mantener los que han dado , pues muy apartado de creer yo esto , digo : que no es muy dificil cometer en las Observaciones Astronómicas el yerro de 6, ù 8 segundos ; parte por el que precisamente debe proceder de la operacion del Observador , y la mayor cantidad de la rectificacion del Instrumento ; no obstante , tampoco me persuadirè , à que vaya mucho mas lexos , vistas las operaciones , y su tileza , que se ha practicado. Tambien dirè , que en la medida geometrica no se puede cometer yerro de momento , assegurados de la Base fundamental , porque las demàs operaciones son muy justificadas para que le produzcan.

Esto supuesto , de haver algun yerro en el grado debe recaer todo sobre las Observaciones Astronómicas ; y como èste disminuya despues en la determinacion del grado à proporcion que la medida geometrica es mayor , se sigue ; que de los grados determinados con igual justificacion , aquèl tendrà menor yerro , cuya medida geometrica , por medio de la qual se concluyò , haya sido mayor.

Establecida la magnitud del grado en toesas del *piè de Rey de Paris* , serà bien , que la arreglemos à Varas Castellanas , à fin de que sean igualmente participes de esta de-



determinacion de grado aquellos , que carecieren del piè. Para esto nos valdrèmos de la razon , que dimos en la pagina 101 de dicho piè à la Vara ; la qual siendo como 144 à 371 , las 56767.788 toefas , que se asignaron al grado de Meridiano contiguo à el Equador , equivaldràn à 132203 Varas Castellanas , que son las que comprehenderà el mismo grado.

Esta es la determinacion que parece solicitaban muchos de nuestros antiguos Escritores Españoles , para saber las Leguas , que comprehendìa un grado terrestre de circulo maximo ; à falta de lo qual , y de algunas medidas poco exactas , se puede discurrir , que le atribuyeron 17 Leguas y media Españolas de largo ; pues segun ellos el numero de Leguas ( las quales suponen de 5000 Varas cada una ) que comprehende un grado , està sujeto à la mayor , ò menor cantidad de estas Varas , que tuviere de largo el dicho grado ; muy al contrario de lo que pretenden algunos modernos , que hacen sin fundamento alguno el grado de 17 Leguas y media Españolas , y èstas mayores , ò menores , segun fuere mas , ò menos estendido el grado. Lo cierto es , que la Legua Española no debe ser de 5000 Varas , ò el grado contiene mas de 17 y media de estas mismas Leguas ; pues partiendo las 132203 Varas , que arriba hallamos contener el grado , por  $17\frac{1}{2}$  , viene al quociente  $7554\frac{1}{2}$  , que fuera el valor de la Legua , suponiendo contener el grado 17 y media ; ò al contrario , partiendo las mismas 132203 Varas por 5000 , viene al quociente  $26\frac{22}{50}$  , ò 26 y media , que fuera el numero de Leguas Españolas , que debe contener el grado , suponiendo cada una de 5000 Varas.

Para aclarar esta diferencia debemos averiguar , si la



Legua es una medida constante , è invariable , y en tal caso vèr quantas de ellas entran en el grado , sin dexarnos llevar ciegamente , como los mas Authores lo han hecho en esto ; ò bien al contrario , saber de cierto , si debe contener el grado las 17 Leguas y media Españolas , como se cree comunmente , y en este ultimo caso inquirir la magnitud de la Legua ; pues ambas cosas se pueden deducir , como lo hemos hecho arriba , dada la magnitud del grado.

Entre varios Authores , que he procurado examinar sobre este assumpto , el que se explica con mas claridad , es *Andrès Garcia de Céspedes* en su *Hydrographía*, que escribió de Orden del Rey en 1606 ; pues en el Capitulo 21 dice: *Porque los grados de longitud que ay de unas partes à otras, algunas veces , quando no se hallava otro mejor medio , se regulavan por las leguas que se hallavan de la una parte à la otra , tomando por cada grado 17 leguas y media , como comunmente se toman en España : y porque esta suma de leguas aun no està bien averiguada , he querido poner el modo como esto se podrá averiguar.* Para la inteligencia de esto , que dice *Céspedes* , es menester estàr , en que los grados , que se caminan en el Mar Norte Sur , se determinan justamente por las Observaciones de Latitud ; pero los de Longitud , no se conocen por otro medio , que por la estimativa , ò juicio prudente de las Varas , que se andan , atendiendo , à que cada grado debe comprehender cierto numero de Varas , ò Leguas ; y por esto dice , que los grados de Longitud se regulaban por las Leguas , que se hallaban de una parte à otra. Segun esto pues , dà como cosa assentada *Céspedes* , que la Legua es una cierta magnitud determinada , è independiente del grado , pues que segun ella se regulaban los grados ; y no como pien-  
fan



fan algunos , una parte de las 17 y media en que se puede dividir el grado , cuyo parecer lo comprueba aún con mas eficacia , quando dice ( hablando de que el grado contenga , segun la comun opinion , 17 Leguas y media ) y porque esta suma de leguas , aun no està bien averiguada , he querido poner el modo como esto se podrá averiguar.

Ademàs de esto , queriendo exponer el mismo Author este modo , trae el que usò *Eratosthenes* , y el que propone *Christoforo Clavio* ; en los que encuentra muchas dificultades , que le parecian dificiles de allanar por falta de conocimiento de los Instrumentos , y methodos de que oy nos servimos ; y prosigue , para probar que hasta entonces no se podia saber quantas Leguas contenia el grado. Pues dado caso que estos modos fuesen faciles , y ciertos en la practica , ninguno pone que lo aya observado : y quando la opinion de *Eratosthenes* fuesse verdad , y que el lo huviesse observado , y ballasse que à cada grado de la tierra le correspondian 700 Estadios , ay en esto algo en que dudar , porque no tenemos cierta noticia què tan grandes fuesen estos Estadios , segun la medida de que aora se usa , como son pies Castellanos de los que la vara Castellana tiene tres pies : y lo mismo es de otra qualquiera medida que se usa en otras partes : y assi no se pueden reducir estos Estadios à las medidas de leguas , ò millas , ò pies , ò passos de que aora usamos : de donde ha venido de dár mas , y menos leguas al grado de la tierra , porque algunos dãn 15 leguas Españolas , otros 16 , y lo mas comun 17 y media , y otros 18 , y otros mas. Estas diferencias provienen de dos causas : la una es ( como avemos dicho ) por no saber los Estadios que contiene una legua. La otra es , que unos hacen las leguas mayores que otros : pero comunmente en España se tiene por lo mas cierto que responden à cada grado de la



tierra 17 leguas y media ; aunque de esto no se halla observacion mas de la comun opinion. La legua Española , à lo menos la que se practica en toda Castilla , tiene 15000 pies , de los que tres hacen una vara Castellana , como consta por las medidas que se han hecho , para averiguar las jurisdicciones de las Audiencias Reales , como se ha medido de Madrid hasta Alcalà de Henares , por saber si estava dentro de las cinco leguas que tienen jurisdiccion los alguaziles , para hacer sus execuciones , y visitas. Lo mismo se ha medido de Valladolid à Tordefillas , y la una , y la otra villa estàn fuera de las cinco leguas , segun que cada legua tiene 15000 pies de los que avemos dicho.

Aquí se vê claramente de nuevo , como se dudaba de la magnitud del grado , en tiempo que escriviò *Céspedes* ; y que el hacerle de 17 Leguas y media Españolas no era mas de comun opinion , que se llevaba ciegamente , pues dice , que de esto no se hallaba observacion. Tambien se vê , que la Legua Española es una medida determinada , como la Milla , piè , y passo de los que se usan comunmente ; haviendo de constar de 15000 pies , ò 5000 Varas. De esta magnitud la hace asimismo el *Bachiller Juan Perez de Moya* en su *Tratado de Geometría Práctica , y Speculativa* , que escriviò el año 1573 , donde dice ( Lib. 2 de Geometría Cap. 3 pag. 97 ) *Legua Española es cinco mil varas , que hacen quinze mil pies* ; y así no queda duda en que la vulgar opinion , que mantiene contener el grado 17 Leguas y media Españolas , debe ser despreciada ; y que para averiguar , las que justamente encierra , debemos dàr por principio sentado , que la Legua Española consta de 5000 Varas.

Dos objeciones , solas se pueden hacer à esto ; la primera



mera , que hay distintas Leguas Españolas , y que la que citan *Céspedes* , y *Moya* no es de las que se contienen 17 y media en grado ; y la otra , que es muy dable , que no haya tal Legua Española , que contenga las 5000 Varas. A lo primero se responde , que desde luego se confieſſa que hay distintas Leguas Españolas , como la de *Cataluña* , *Valencia* , *Castilla* , &c; pero que ſin embargo , la Legua , que debaxo de titulo de Española debemos entender , hablando ſin diſtincion , es la de *Castilla* ; aſſi como haviendo diſtintas Lenguas Españolas , como la Valenciana , Baſcongada , Caſtellana , y otras , con todo eſſo la Caſtellana es la que , generalmente hablando , ſe toma por la Española. A lo ſegundo , aunque fuera ſuficiente la autoridad de los dos Authores citados , pues ſon de los mas cèlebres , que eſcrivieron en aquellos tiempos , traerèmos las de nueſtras leyes de *Castilla* ; entre las quales en la 3 tit. 16 part. 2 hablando de la Corte , y que en ſus inmediaciones ninguno mate , ò hiera à otro , ſe dice : *Otro ſi mandaron , que ſi un ome honrrado mataſſe à otro à tres Migeros de derredor del lugar do el Rey fueſſe , que es una legua , que murièſſe por ello.* En la 25 tit. 26 part. 2. hablandose del modo de repartir los deſpojos havidos en la Guerra , y determinandose , que eſto no ſea ſolo entre los que vãn los primeros en una entrada , ſi tambien con los que vienen deſpues , ſe dice , que en eſtos ſe haya de entender lo ſiguiente : *E por ende puſieron aſſi , que los que ante fueſſen alcanzando , tornafſen la cabeza empos de ſi tres vegadas ; è quantos vieſſen , que venian cerca à ellos quanto faſta una Legua , que ſon tres mil paſſos , que eſtos ovièſſen parte de la ganancia llegando , y con ellos , luego que el fecho fueſſe acabado.* De eſta ley , y de la antecedente ſe ſigue , que el Migerero , que es lo  
miſ-



mismo que Milla consta de 1000 passos. En la ley 4 tit. 13  
 part. 1 hablando de los Cementerios, que debe haver en  
 las Iglesias; y estableciendo que estos los destine el Obispo  
 en las Cathedrales, y Conventos de 40 passadas, y en las  
 Parroquiales de 30, concluye: *E porque algunos dudaban*  
*en como se deben medir los passos para amojonar el Cemente-*  
*rio, departelo la Santa Iglesia en esta manera; que la passada*  
*aya cinco pies de ome mesurado, è en el piè quinze dedos de*  
*traviesso.* Con que segun esto, la Legua consta de tres Mi-  
 geros, ò tres mil passos, cada passo de cinco pies, y cada  
 piè de quinze dedos; y asì con razon dixo *Céspedes*, que  
 la Legua Española debe constar de 15000 pies. Ahora que  
 el piè sea la tercia de la Vara, se debe creer asì; lo primero,  
 porque previene la ley, que sea de un *ome mesurado*, y será  
 raro el hombre, que tenga el piè mas largo que una ter-  
 cia; y lo segundo, porque el comun estilo, y practica de  
*Madrid* oy dia es de contarse la tercia de la Vara por piè.  
 No obstante no dexarèmos de advertir que *Don Antonio de*  
*Gastañeta* en sus *Proporciones de las medidas de Navios*, que  
 diò de orden del Rey, dice en la pag. 14, que el *Codo real*  
 se compone de dos tercias de la Vara de Castilla medida de  
 Avila, y una de las treinta y dos partes de las dos tercias mas:  
 esto es, de  $\frac{33}{48}$  de la Vara; y en la pag. 27 buelta, hablando  
 de la Quilla del Navio, se formará de 4 piezas, y de 8 pies  
 de largo sus juntas, que son 4 Codos: Luego segun este Author  
 el piè es la mitad del Codo, ò  $\frac{33}{96}$  de la Vara, y mayor que  
 la tercia de  $\frac{1}{96}$  de Vara; pero haviendose dicho, que el uso,  
 y practica de *Madrid* es de tomar la tercia de la Vara por  
 el piè, lo qual siguen casi todos los Autores, tanto anti-  
 guos, como modernos, debemos prudentemente creer,  
 que *Don Antonio de Gastañeta* se equivocò en hacer el piè la  
 mi-



mitad del *Codo*. Muy al contrario, pudiera discurrirse menor; pues siendo el comun estilo dividir la Vara en 48 dedos, à la tercia le corresponden 16, y la ley no manda, que tenga el piè mas de 15; pero en esto se puede creer sin duda, que los dedos de que habla la ley no son los mismos, que aquellos de los quales 48 componen la Vara; pues siendo tambien comun estilo entre los Jueces hacer la Legua legal de 5000 Varas, se siguiera precisamente contradiccion, si el piè no fuera el tercio de la Vara.

No ponen duda algunos Authores modernos en que sea esta, Legua Española; pero añaden otras dos, que llaman *comun*, y *geographica*; pero estas hay apariencia de que sean impuestas por ellos mismos. Porque què quieren estos Authores, que entendámos por *Legua comun*? alguna, que se imaginan se usa en todo el Reyno, ò el pedazo de tierra, que los Arrieros, ò gente poco versada en medidas toma por Legua? Si es lo primero, se niega que haya tal *Legua comun*; y si lo segundo, muy lexos de ser *comun*, será *variable*; porque en cada territorio toman por Legua, distinta magnitud; y aun en uno mismo, pues muchas veces se oye, que la primera Legua es mayor que la segunda, y èsta que la tercera; no teniendo para ello mas regla, que la voz envejecida, ò el arreglamento de Postas, que mas es arreglamento de lo que se debe pagar, que de medidas; pues para formar èste era necessario se huviesen tomado otras precauciones.

No tiene mejor fundamento la otra Legua, que llaman *geographica*; pues en mi entender no le han dado este nombre sino solamente por verla puesta en los Mapas *geographicos*; en los quales la establecen los Estrangeros en fé de que algunos Authores Españoles assecuran (como si lo  
hu-



huviesen medido) que el grado contiene 17 Leguas y media Españolas.

Esto bien aclarado, y no habiendo duda en que la Legua Española consta de 5000 Varas, y que sea una medida constante, è invariable, tampoco hay duda en que, como diximos antes, el grado de Meridiano contiguo à el Equador contenga  $26\frac{22}{50}$ , ò 26 Leguas y media Españolas, y no 17 y media, como creen todos los Authores, aun comprendiendo los mas clásicos; pues partiendo las 132203 Varas, que contiene el grado por 5000, viene al quociente las  $26\frac{22}{50}$ , ò 26 y media.

Haviendose yà hecho esta deduccion, por si alguno necesitasse hacerla à qualquiera otra medida, se añade la Tabla que se sigue, que enseña la razon en que se hallan unas con otras.

El piè de Rey de Paris	1440
de Londres	1350
Romano del Capitolio	1306
del Rhin	1390
de Bolonia	1682
El Palmo de Napoles	1169
de Genova	1118
La Vara de Castilla	3710



## CAPITULO VI.

*Sobre la Figura de la Tierra.*

**Q**uedando yà instruidos por la Introduccion de las varias opiniones , que ha havido sobre la Figura de la Tierra , solo nos detendrémos aquí en explicar la que resulta de nuestras operaciones , y de las otras , que ultimamente se hicieron por orden del Rey Christianíssimo. En la Lapponia *M. de Maupertuis* , con otros Académicos de las Ciencias de *París* midieron , como nosotros lo hemos hecho , el extendido de  $57' 28\frac{1}{2}''$  ; y por él hallaron el grado de Meridiano , que cruza el círculo Polar , de 57437. 9 toefas. <sup>a</sup> Ultimamente midieron *M. M. Cassini de Thury* , y el Abate de la Caille de nuevo todo el extendido de la Francia , y resolvieron la longitud de varios grados , que comprehende el Reyno ; como se vè en la Obra , que dieron , intitulada *La Meridienne de París verifiée* ; en la qual se halla pag. 112 una tabla del valor de muchos grados ; segun la qual parece , que se puede suputar el grado de Meridiano , que cruza el paralelo  $45^{\circ}$  de 57050 toefas ; con lo qual , y haviendo determinado nuestro grado de Meridiano contiguo à el Equador de 56767. 788 toefas , tenemos de cierto , que los grados de Meridiano de la Tierra no son iguales , y que vãn disminuyendo al passo , que se aproximan al Equador ; y así se sigue esta

## CONCLUSION.

Los grados del Meridiano terrestre no siendo iguales , la  
Tiera-

<sup>a</sup>. Memorias de la Academia de las Ciencias año 1737.



Tierra no puede ser perfectamente Esférica; y hallandose menores al passo que están mas proximos del Equador, ha de ser precisamente Lata: esto es, el Diametro del Equador mayor que su Exe. <sup>a</sup>

Para hallar la razon en que están estos dos Diametros, *M. de Maupertuis* dà una formula en su medida citada, baxo la suposicion de que la curva, por cuya revolucion se produce la Espheroide, ò Figura de la Tierra, es una Elipse. Con este mismo principio di yo otra en *Quito* ignorando la primera; de quien solo se distingue, en que en aquella empleò *M. de la Maupertuis* las Séries infinitas, lo que yo no hice; por lo qual le saliò mas simple. Esto me hiciera omitir la mia con toda su construccion, à no ser mas general, y necessitar de algunas Equaciones, que de ella redundan. La proposicion, y la forma en que yo la resolvì se reducen à esto.

### PROBLEMA.

Dados dos grados, ò minutos de la periferia de una Elipse, hallar la razon de sus Diametros.

Sean

<sup>b</sup> Fig. 14.  
Lam. 7.

BQCE <sup>b</sup> la Elipse, ò Meridiano terrestre

EQ el Equador

BC el Exe

H Un parage, ò punto donde se midiò un grado

I Otro parage donde se midiò el segundo grado

DE = A

DB

<sup>a</sup>. Veanse las razones en la Introduccion.



DB = 1 = al radio

HF = S Una Ordenada

IG = s Otra Ordenada

Un minuto del grado medido en H = M

I = m.

y por ultimo los Abscissas correspondientes à las Ordenadas = x.

La Equacion à esta Elipse es  $A^2S^2 = 2Ax - x^2$ ; su diferencia es  $A^2SdS = Adx - xdx$ ; luego  $dx = \frac{A^2SdS}{A-x}$ ; pero de la Equacion de la Elipse es  $x = A \pm A(1-S^2)^{\frac{1}{2}}$ ; luego  $dx = \mp ASdS(1-S^2)^{-\frac{1}{2}}$ . Suponiendo ahora dx constante, la diferencia de esta ultima Equacion serà igual à Cero; esto es,  $AdS^2(1-S^2)^{-\frac{1}{2}} \mp ASddS(1-S^2)^{-\frac{1}{2}} \mp AS^2dS^2(1-S^2)^{-\frac{1}{2}} = 0$ ; y partiendo por  $A(1-S^2)^{-\frac{1}{2}}$ , quedará en  $-ddS = \frac{dS^2}{S(1-S^2)}$ . Antecedentemente hallamos  $dx = \mp ASdS(1-S^2)^{-\frac{1}{2}}$ ; luego  $dx^2 = \frac{A^2S^2dS^2}{1-S^2}$ ; y  $dx^2 + dS^2 = \frac{dS^2 + (A-1)S^2dS^2}{1-S^2}$ .

Es necesario advertir ahora antes de continuar el calculo, que si KLN<sup>a</sup> es la Devoluta de la Elipse, ò Meridiano terrestre, que antes citamos; y que sea PO = m uno de los minutos medidos, y UT = M el otro, las perpendiculares à la superficie de la Tierra en los extremos de los minutos, como OX, PX, TY, UY son radios de la Devoluta KLN; los angulos OXP, TYU siendo ambos de un minuto, son iguales, y por consiguiente los triangulos OXP, TYU son semejantes, y sus lados proporcionales:

Qq 2.

esto

<sup>a</sup> Fig. 25.  
Lam. 7.



esto es, las longitudes de los minutos son como los radios de la Devoluta PY, UY.

Esto supuesto, la formula del radio de la Devoluta, suponiendo  $dx$  constante, como lo hicimos antes, es...  $\frac{(dx^2 + dS^2)^{\frac{3}{2}}}{-dx ddS}$ ; y poniendo en esta formula en lugar de sus iguales las cantidades halladas anteriormente, se reducirà à  $\frac{(1 + (A^2 - 1)S^2)^{\frac{3}{2}}}{A}$ <sup>a</sup>; que es la formula del radio de la Devoluta de la Elipse, ò Meridiano terrestre en el parage donde se midió el minuto M, respecto de havernos valido de su Ordenada correspondiente S: esto es, el radio UY.

Para hallar el valor del radio PX, no hay mas, que poner en esta ultima formula  $s$  en lugar de  $S$ , y se tendrá  $PX = \frac{(1 + (A^2 - 1)s^2)^{\frac{3}{2}}}{A}$ .

Esto establecido, y haviendose demostrado, que estos radios son proporcionales à los minutos medidos, tendremos  $\frac{(1 + (A^2 - 1)S^2)^{\frac{3}{2}}}{(1 + (A^2 - 1)s^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{M}{m}$ ; de donde se deduce  $A^2 = (m^{\frac{2}{3}}S^2 - M^{\frac{2}{3}}s^2) = M^{\frac{2}{3}} - m^{\frac{2}{3}} + m^{\frac{2}{3}}S^2 - M^{\frac{2}{3}}s^2$ ; luego...  $A = \left( \frac{M^{\frac{2}{3}} - m^{\frac{2}{3}}}{m^{\frac{2}{3}}S^2 - M^{\frac{2}{3}}s^2} + 1 \right)^{\frac{1}{2}}$ ; que es la formula para hallar la  $A$  igual al radio del Equador, dados el valor de los minutos  $M$ , y  $m$ , y suponiendo el radio, ò Semiexe = 1.

CO-

<sup>a</sup>. De esta formula se deduce facilmente lo que se dixo por anotacion en la medida de la Base pag. 152: esto es, que las perpendiculares baxadas de los Horizontes de los lagares, que están en un mismo Meridiano, y cercanos à el Equador se unen à una distancia expresada por  $\frac{1}{A}$ ; cuyo valor es el radio de la Devoluta suponiendo  $S = 0$ .



## COROLARIOS.

1. Si el pequeño arco, ò minuto  $m$  està medido en  $E^a$ : esto es, en el Equador, entonces su Seno de la Latitud, ò Ordenada  $s = 0$ , y la formula se reduce à

<sup>a</sup> Fig. 14.  
Lam. 7.

$$A = \left( \frac{M_3^2 - m_3^2}{m_3^2 S^2} + 1 \right)^{\frac{1}{2}}$$

2. Si à mas el arco, ò minuto  $M$  està medido en B: esto es, en el Polo, esta ultima formula se reduce (por ser en este caso la Ordenada  $S$ , ò Seno de Latitud  $= 1$ ) à -

$$A = \frac{M_3^1}{m_3^{\frac{1}{3}}}; \text{ de donde se sigue esta analogia } m : M = 1 :$$

$A^3$ : esto es, los minutos, ò grados de Meridiano cercanos al Equador, y Polo, son como el Cubo del Exe de la Tierra, al Cubo del Diametro del Equador.

3. Si no se quiere hallar mas, que la cantidad en que el radio del Equador excede al Semiexe, se supondrà  $A = 1 + \delta$ ; y tendremos  $A^2 = 1 + 2\delta + \delta^2$ ; y despreciando el ultimo termino por infinitamente pequeño, respecto, que el radio del Equador excede en muy poco al Semiexe,

$$\text{quedarà } A^2 = 1 + 2\delta = \frac{M_3^2 - m_3^2}{m_3^2 - M_3^2 S^2} + 1; \text{ luego } \delta = . .$$

$$\frac{M_3^2 - m_3^2}{2(m_3^2 S^2 - M_3^2 S^2)}.$$

4. De esta formula se deduce facilmente la de *M. de Maupertuis*, suponiendo  $M = m + n$ : esto es,  $n$  = al exceso de un grado sobre el otro; porque será  $M_3^2 = m_3^2 +$

$$\frac{2n}{3m_3^{\frac{1}{3}}} - \frac{n^2}{9m_3^{\frac{4}{3}}} + \&c; \text{ y poniendo este valor en la for-}$$

mu-



mula, y despreciando las cantidades infinitamente pequeñas, resultará  $\delta = \frac{n}{3m(S^2 - s^2)}$ .

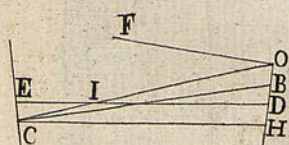
5. Si el pequeño arco, ò minuto  $m$  està medido en el Equador, como se supuso en el Corolario 1, ferà tambien como en aquel  $s = 0$ ; y quedará la formula en  $\delta = \frac{n}{3mS^2}$ .

6. Si además el arco, ò minuto  $M$  està medido en el Polo, esta ultima formula quedará (por ser, como en el Corolario 2,  $S = 1$ ) en  $\delta = \frac{n}{3m}$ ; de donde se deduce  $m : n = 1 : 3\delta$ : esto es, el minuto, ò grado de Meridiano proximo à el Equador, es à lo que excede à este el del Polo, como el Semiexe, à tres veces el exceso del radio del Equador sobre el Semiexe.

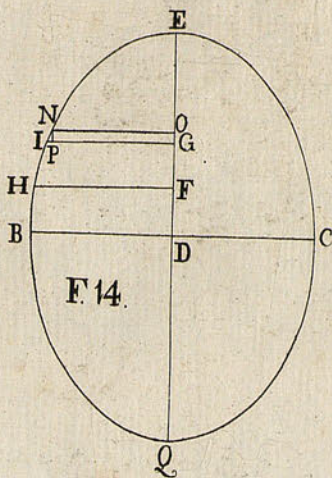
7. El Corolario 5 nos diò  $\delta = \frac{n}{3mS^2}$ ; luego  $1 : 3m\delta = S^2 : n$ ; y como en este caso  $m$  represente el minuto, ò grado del Meridiano contiguo à el Equador, la cantidad  $3m\delta$  es constante; con que tambien lo ferà la razon  $\frac{1}{3m\delta}$ , y su igual  $\frac{S^2}{n}$ ; y así los excessos  $n$  de los grados de qualquiera Latitud sobre el antecedente contiguo à el Equador, serán como  $S^2$ : esto es, como los quadrados de los Senos de las mismas Latitudes.

8. Los Corolarios 6, y 7, y los grados de Meridiano medidos en las cercanías del Equador, y Latitud  $45^\circ$ , nos dan otro methodo muy facil de hallar la cantidad en que el radio del Equador excede al Semiexe; porque el qua-

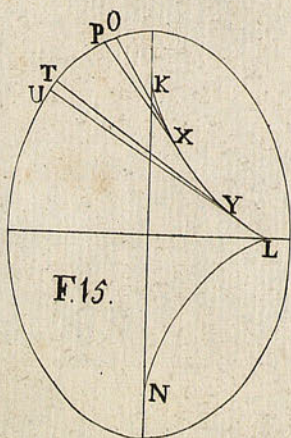




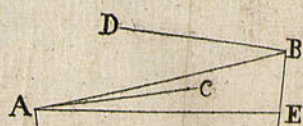
F. 5.



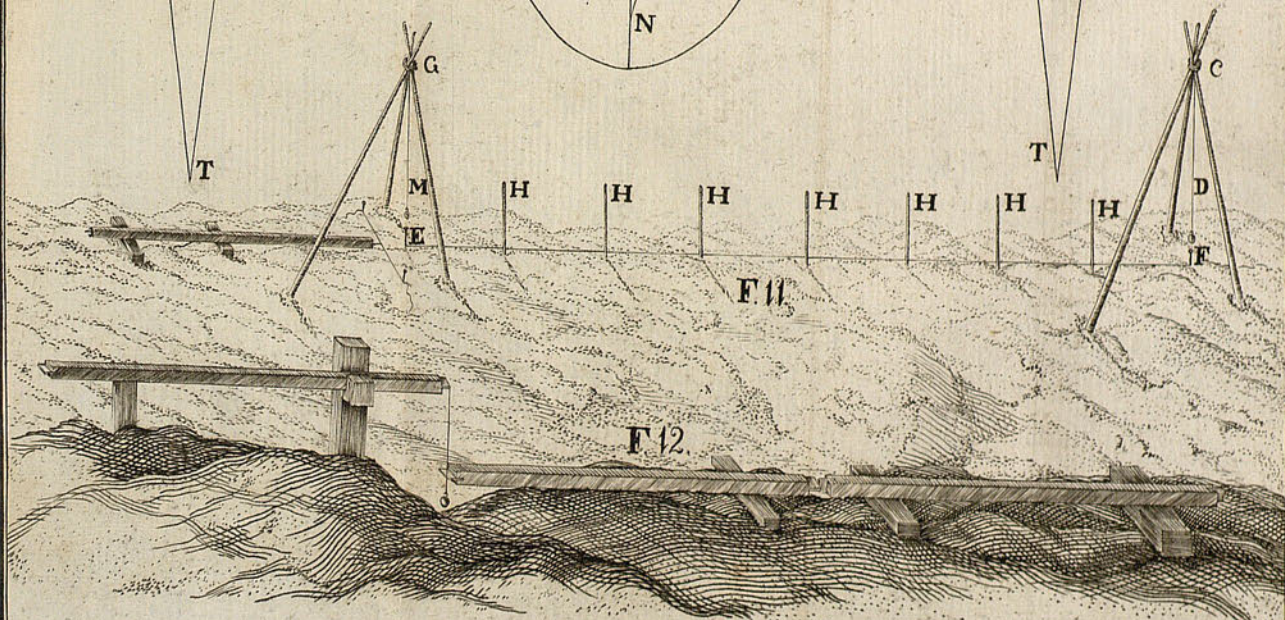
F. 14.



F. 15.



F. 6.



F. 11.

F. 12.



El Estado de la Union es un Estado de la Union... con que se ha... el grado de... el Estado de la Union...

El Estado de la Union es un Estado de la Union... con que se ha... el grado de... el Estado de la Union...

El Estado de la Union es un Estado de la Union... con que se ha... el grado de... el Estado de la Union...

El Estado de la Union es un Estado de la Union... con que se ha... el grado de... el Estado de la Union...

El Estado de la Union es un Estado de la Union... con que se ha... el grado de... el Estado de la Union...

El Estado de la Union es un Estado de la Union... con que se ha... el grado de... el Estado de la Union...



drado del Seno de la Latitud  $90^\circ$  es duplo del quadrado del Seno de la Latitud  $45^\circ$ ; con que si  $n$  representa el exceso del grado  $45^\circ$  sobre el contiguo à el Equador  $2n$  (Corol. 7) representará el exceso del grado  $90^\circ$ ; y (Corol. 6)

serán  $m : 2n = 1 : 3\delta$ ; esto es,  $\delta = \frac{2n}{3m}$ .

9. De la formula antecedente se deduce  $m : n = 1 : \frac{3}{2}\delta$ : esto es, el grado de Meridiano contiguo à el Equador es à aquello en que le excede à éste el de la Latitud  $45^\circ$ , como el Exe de la Tierra à vez y media el exceso del radio del Equador sobre el mismo Exe.

10. Haviendose dicho en el Problema, que los minutos, ò grados de Meridiano son proporcionales à los radios de la Devoluta de la Elipse, que le representa; y el grado del mismo Equador, haviendo de ser como el radio de éste; se sigue, que un grado de Meridiano es al del Equador como  $\frac{(1 + (A^2 - 1)S^2)^{\frac{3}{2}}}{A}$  à  $A$ ; ò como  $(1 + (A^2 - 1)S^2)^{\frac{3}{2}}$  à  $A^2$ .

11. Del Corolario antecedente se sigue, que el grado de Meridiano contiguo à el Equador es al del mismo Equador como 1 à  $A^2$ ; ò (Cor. 3) como 1 à  $1 + 2\delta$ ; porque en este caso  $S = 0$ .

12. Siendo por el Corolario antecedente el grado de Meridiano contiguo al Equador al del mismo Equador como 1 à  $1 + 2\delta$ , se sigue, que aquel grado será à la cantidad en que le excede el del mismo Equador como 1 à  $2\delta$ .

13. En el Corolario octavo se viò, que el grado de Meridiano contiguo al Equador es à la cantidad en que excede à éste el del Polo como 1 à  $3\delta$ : luego los excessos de los grados del Equador, y de Meridiano del Polo sobre el contiguo al Equador serán (Cor. 12) como  $2\delta$  à  $3\delta$ , ò como 2 à 3.

De



14. De este Corolario, y de el septimo se sigue el methodo de hallar el grado de Meridiano, que es igual al del Equador; porque tendrèmos 3 es à 2 como el quadrado del radio al quadrado del Seno de la Latitud, donde el grado de Meridiano es igual al del Equador. Si se hace el calculo se hallarà, que esta Latitud es la de  $54^{\circ} 44' 08''$ .

Si à qualquiera de las formulas del Problema, y Corolarios 1, 3, 4, 5, y 8 se les substituyen los valores del los minutos correspondientes medidos, tanto en la *Laponia*, como en *Francia*, y Reyno de *Quito*, y los Senos de las Latitudes donde se midieron, se hallarà la razon de los Diametros de la Tierra. Yo he hecho varias veces esta operacion, y siempre la he concluído distinta, valiendome de distintos grados; lo que prueba, que no estàn estos entre si en la razon que pide el Corolario 7. Segun éste es preciso, que las cantidades 282.212, 670.112, en que los grados de las Latitudes  $45^{\circ}$ , y  $66^{\circ} 31'$  exceden el contiguo al Equador, sean entre si como los quadrados de los Senos de dichas Latitudes, lo que no se hallarà si se examina.

Por este motivo quieren algunos, que no sea exacta la suposicion hecha, de que la Curva, por cuya revolucion se produce la Espheroide de la Tierra, sea una Elipse; y vàn à buscar otra en la qual convengan todos los grados medidos. *M. Bouguer* es quien ha dado solucion à este Problema como se puede ver en las *Memorias de la Academia de las Ciencias* año 1736 pag. 443. Pero muy lexos de creer yo, que las disparidades, que se hallan en los excessos de los grados, procedan de la suposicion hecha, de que la Curva sea una Elipse, discurro no nacen mas, que del corto yerro, que indispensablemente se debe cometer en las medidas de los grados, como se verà en el Libro siguiente.





## LIBRO VIII.

De las Experiencias del Pendulo simple,  
y conclusion de la Figura de  
la Tierra.

## CAPITULO I.

*Motivos que obligaron à emprender las Experiencias  
del Pendulo.*



L principal fin que nos llevò à los Reynos del *Perù*, como tengo dicho, fuè la determinacion de la figura de la Tierra; y sobre este assumpto las Observaciones, que se oponían al dictamen, de que fuesse Longa, eran las del Pendulo; pues *M. Richer* habiendo passado à la Isla de la *Cayenna*, que se halla en  $4^{\circ} 56' 17\frac{1}{2}''$  de latitud Boreal el año 1672, hallò, que para que vibrasse el Pendulo los segundos de tiempo medio en aquel Pais, era preciso acortarle una linea y quarto de longitud, que necesitaba en *París* para lo mismo; y como las longitudes de los Pendulos con que se forman de igual duracion sus Oscilaciones, segun se tiene bien sabido, y han demonstrado varios Autores, son como las pesadeces de los cuerpos; se sigue por esta experiencia, que la pesadèz en *Cayenna* es menor que en *París*.

Rr

Esta



Esta alteracion del peso de los graves , la atribuyeron al instante *M.M. Huygens*, y *Newton* al movimiento diurno de la Tierra ; pues de èl nació una segunda fuerza , llamada Centrifuga, que se oponía à la de gravedad, con la qual no solo explicaban facilmente la Observacion de *M. Richer*, pero determinaban , que la Tierra era Lata.

Sin embargo de esta Observacion reiterada en *Cayenna* por diez meses, y de la Theorica dada por *M. Newton* en su obra *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* , dudaron en la Academia Real de *París* de la verdad del hecho, como se vè en el tomo primero de su Historia, con motivo de las Observaciones hechas por *M. Picard* en *Montpellier* , y en *Uranibourg* ; y solo se aseguraron de la justa medida de *M. Richer* , despues que *M. M. Varin* , *Deshayes* , y *Glos* hicieron nuevas Observaciones en la *Gorea* , y en la *Guadalupe*, y hallaron , que ciertamente la longitud del Pendulo de igual duracion en sus Oscilaciones , era menor en los parages cercanos à el Equador , que en mayores latitudes; cuyas experiencias fueron despues confirmadas por varios, de suerte, que yà no se duda de su verdad.

No obstante en nuestro Viage al *Perù* parecía como preciso reiterar las Observaciones , y mas quando nos hallabamos sobre el mismo Equador, donde la disminucion de la longitud del Pendulo debía ser mayor ; y por ella podiamos tambien concluir la razon de los Diametros de la Tierra , para confrontarla con la que diera la medida de los grados , y estàr por su concordancia seguros de las Operaciones.

A este fin se hicieron varias experiencias en el discurso del Viage: en *Panamà*, y *Guayaquil* las hice juntamente con *M. Godin* diversas veces ; pero no haviendo salido con la  
justi-



justificacion deseada, las omito al presente. En *Quito* hallandonos con mas tranquilidad ( que la pide muy grande esta experiencia ) la repetimos varias veces en compañía de *Don Antonio de Ulloa* : en el *Guarico*, ò *Cabo Francès* à mi regreso à *España*, tambien hice algunas, y todas se executaron con el Instrumento, que en el Capitulo siguiente describo.

## CAPITULO II.

*Descripcion del Instrumento con que hicimos la experiencias del Pedulo simple, y uso de el.*

**L**A figura 1.<sup>a</sup> representa el todo del Instrumento, en la qual la pieza AB es una Regla de madera, que tendrá de 44 à 46 pulgadas de largo, y dos de ancho; y en su cabeza està el susensorio, ò Pinzas, que mantienen el hilo, las cuales se ven mejor en la figura 2. a Lam. 8.

El hilo de Pita baxa desde dichas Pinzas hasta la Maquina de abaxo; y en su extremo està suspendido el peso, ò duplo cono, que se ve en la figura 4. Este està taladrado de extremo à extremo en su medio conicamente; y en el agujero se incluye un Cilindro un poco conico, que ajuste bien; y siendo rajado por medio se incluye en la cortadura el extremo del hilo, que queda oprimido de tal fuerete con el ajuste del Cilindro, que se mantiene sin desasirse, en cuya conformidad se escusa el aplicarle al Peso un gancho para mantenerlo, lo que siempre ocasiona mayor yerro.

La figura 3 ( es la Maquina B, que se ve en la primera ) està compuesta de una pieza de cobre AB, unida à la regla de madera por dos tornillos, que se aplican por detrás:

Rr 2

èsta



èsta tiene dos encaxes C, y D, por los quales corre libremente la pieza EF: sobre la qual està hecha firme la H: y en èsta una punta como Diamante, que sirve para que quando se mide la longitud del Pendulo, solo toque al dicho Diamante el Peso, que està suspenso.

En la misma pieza H hay otra punta I, que corre sobre la pieza principal AB: y quando la pieza EF se lleva arriba, y abaxo, và marcando en las divisiones las pulgadas de la longitud del Pendulo.

Sobre la pieza H està la L, tambien unida à la EF, en la qual hay algunas lineas marcadas, y sirve para conocer por ellas la magnitud de las Oscilaciones.

En lo mas baxo de la pieza EF, y sobre ella unida hay otra M, que hace firme la cabeza del tornillo M; el qual passa por otra pieza O ( firme tambien en la pieza principal ) que tiene sus roscas: todo lo qual hace, que bolteando el tornillo, suba, y baxe suavemente la pieza.

Este tornillo sirve tambien de Micrometro, pues no siendo las divisiones de la pieza principal menores que pulgadas, el tornillo determina las lineas, y partes de linea con su Plancha circular dividida.

La figura 2 es la misma, que la A de la figura primera: X es un agujero por donde salen las Pinzas, que mantienen el hilo, y Peso, passando entre ellas el hilo, y cerrando despues el tornillo que las cruza; y le aprietan de fuerte, que no puede deslizarse la menor cosa.

Por el agujero Z se fixa un clavo en la pared firmemente, el qual mantiene todo el cuerpo del Instrumento.

La posicion de las Pinzas en la Regla se vè en la figura 5 ( que representa el plano, que corta la recta RY en la figura 2. ) el 2. 3. es una pieza de cobre de quita, y pon;



y una vez puestas las Pinzas, como se vè en la figura, se pasa el tornillo 4, que forman las dos Pinzas por un agujero, que tiene dicha pieza, aplicandola à su lugar; y poniendo la hembra 5, oprime las Pinzas contra las dos piezas de cobre 2, 3, 6, 7, y quedan sólidas, y firmes.

El methodo de servirnos de este Instrumento, fuè colocandole en un Quarto bien abrigado, cerrabamos todas las puertas, y ventanas, cuidando al mismo tiempo que toda rendija estuviesse bien tapada, para que con esso no se pudiesse introducir el menor viento, que interrumpiesse las Oscilaciones del Pendulo.

Al lado del Instrumento se colocaba tambien el Relox de Pendola, yà arreglado al movimiento medio del Sol: ò, lo que es lo mismo, haviendo yà examinado lo que se adelantaba, ò atrassaba, respecto del tiempo medio, por las alturas correspondientes tomadas, segun se dixo en el Libro tercero; y tambien el Thermometro, para notar el grado de calor al tiempo de la Observacion, y poderla comparàr à qualquiera otra hecha en otro grado.

Formabamos el Pendulo, ò Perpendicular de un hilo de Pita (del qual 64 toefas pesaban 26 granos) poniendo en su extremo el duplo cono, yà explicado en la figura 4, que tenía de  $\alpha$  à  $\beta$   $11.41\frac{2}{3}$  lineas; de  $\delta$  à  $\pi$   $9.31\frac{1}{4}$  lineas; y de  $\gamma$  à  $\delta$   $1.76\frac{3}{4}$  lineas, y lo mismo en su parte alta correspondiente, el qual pesaba 870 granos; pero dexabamos la longitud del Pendulo tal, que no llegasse el duplo cono à tocar la punta del Diamante.

Despues de esto se ponía en Oscilacion el Pendulo, de fuerte, que no excediesse cada una mas que media à dos pulgadas, para que con esso fueran sin diferencia sensible executadas como en una cycloide, que es la curva  
que



que hace iguales todas las Oscilaciones , como lo demonstrò *M. Huygens* ; pues de lo contrario , no se podian suponer todas las Oscilaciones del Pendulo de una misma duracion.

Yà que estaba en movimiento , como precisamente haviamos de estàr cercanos al Instrumento , procurabamos cubrirnos la boca , lo mejor que permitía la precision de haver de respirar , para que el aliento no interrumpiesse las vibraciones , ò oscilaciones , y en esta conformidad notabamos quando el Pendulo , y Relox de Pendola fenecian una vibracion unanimes , ò al mismo tiempo ; à cuyo instante se empezaba à contar cero , y se proseguia con uno , dos , &c , hasta que se remataba la Observacion , que solía durar una , dos , y tres horas ; y se notaban las vibraciones hechas , tanto en el Pendulo , como por el Relox ; ò despues de haver contado cero , se tenía cuidado en las vibraciones , que perdía , ò ganaba el Pendulo en el discurso de la Observacion respecto de las del Relox.

Yà fenecida la Observacion , ò experiencia , se hacía acercar la pieza EF de la figura 3 : esto es , la punta de Diamante àcia el duplo cono , hasta que la punta I quedasse exactamente sobre la division de una pulgada , y de alli se proseguia notando con el Micrometro las lineas , y partes , que tenía de menos longitud el Pendulo , hasta que la punta de Diamante tocaba la Base del duplo cono.

La distancia de las Pinzas à la division , en donde quedaba , ò se notaba la punta I , se tenía yà bien examinada antecedentemente con un compàs de Micrometro , firviendonos de la misma toesa con que se midiò la Meridiana , ò grado terrestre.

Con



Con esta justificacion se hacia la experiencia , y se media la longitud del Pendulo desde las Pinzas à la Base del duplo cono ; del qual restando el Semidiametro  $4.65\frac{7}{8}$  lineas , nos quedaba la longitud del Pendulo desde las Pinzas al centro de gravedad del duplo cono ; à lo que añadiendo , ò substrayendo lo que el centro de oscilacion estaba mas baxo , ( como se dirà mas adelante ) se tenia la verdadera longitud del Pendulo , con que se havia hecho la experiencia.

### CAPITULO III.

#### *De las Experiencias hechas en Quito.*

**P**Or no cansar con la repeticion de las Observaciones, que se reducen à la reiteracion de la misma cosa, se-  
rà suficiente explicar la primera con todas las particularidades, y circunstancias , que intervinieron en ella , y despues incluir la tabla de todas las que se executaron , yà corregidas generalmente.

El dia 13 de Julio de 1736 à las  $8^h 49' 58''$  de la mañana , haviendo puesto M. Godin, y yo, en Quito el Pendulo en movimiento , empezamos à contar sus Oscilaciones, hasta las  $10^h 02' 00\frac{1}{2}''$  , y en este tiempo hizo 4322 ; y en el mismo, hizo el Relox de Pendula  $4322\frac{1}{2}$  : luego el Pendulo perdiò en este espacio  $\frac{1}{2}''$  , y en 24 horas huviera perdido  $10''$  .

Las Oscilaciones del Pendulo eran al principio de la Observacion de media pulgada , y al fin de media linea. El Relox se adelantaba respecto del tiempo medio en 24 horas  $28\frac{1}{2}''$  , segun se havia examinado por las alturas cor-  
ref-



respondientes, que tomamos: luego el Pendulo se adelantaba en las mismas 24 horas de tiempo medio  $18\frac{1}{2}''$ .

Acabada la experiencia, medimos la longitud del Pendulo, desde las Pinzas, hasta la Base del duplo cono, y le hallamos de 36 pulg. 11.29 lin.

De lo que restando el Semidiametro

del duplo cono 0 4.65  $\frac{7}{8}$

queda la longitud del Pendulo desde las

Pinzas hasta el centro de gravedad del

duplo cono de 36 06.63  $\frac{1}{2}$

Faltanos añadir ahora lo que el centro de Oscilacion està mas baxo, que el de gravedad: esta correccion ha sido muy controvertida por los Geometras; los unos le daban una solucion, quando otros otra: el célebre *M. Huygens* es quien la ha resuelto exactamente en su *Horologio Oscillatorio*; y sin embargo que estableciò la distancia del centro de gravedad al de Oscilacion en una Esphera, que oscila sobre un punto de su superficie de  $\frac{2}{3}$  del radio de la misma, *M. Carre*, y otros Autores la daban solo de  $\frac{1}{3}$ : la equivocacion nacia de no haver atendido èstos, à que todos los puntos de los pesitos infinitamente pequeños, sobre los quales fundaban el calculo, no distaban igualmente del exe de movimiento.

*M. de Mairàn*, que en el tiempo que estuvimos en el *Perù*, se dedicò largamente à estas experiencias, hizo muchos reparos sobre este assumpto, y hallò con admiracion el yerro de estos Geometras, que comunicò à *M. Godin*, y èste à mi, y se contiene en una Memoria, que oy se vè en las de la *Academia de París* año 1735. Esto solo nos sacò de la duda, que pudieramos tener en si *M. Huygens*, ò los otros Geometras, que escribieron despues de èl, se equi-



vocaban ; pero no nos daba la solucion del Problema, que necesitabamos : esto es , la distancia del centro de gravedad al de Oscilacion de nuestro duplo cono ; y tampoco nos hallabamos con los Autores que dãn parte de èl. Con esto me fuè preciso resolver el Problema , que vencido, se facilitaban otros varios ; y conclui la distancia del centro de gravedad al de Oscilacion en una Esphera , un Cilindro , una Piramide , un Cono , y otros Cuerpos , y Figuras ; pero todo ello es ahora de ninguna utilidad, porque mis formulas no se diferencian de las de *M. Bernoulli*, ni las determinaciones de las de *M. Huygens*.

Este Geometra dà en la parte 4 de su *Horologio Oscilatorio* , prop. 22 , la distancia del centro de gravedad al centro de Oscilacion en un Cono , que oscila sobre su vertice de  $\frac{1}{10}$  de su altura , mas  $\frac{1}{10}$  del quadrado del Diametro de su Base dividido por la altura. Y en la proposicion 19 demuestra , que las distancias del centro de gravedad al de Oscilacion ( en Pendulos de distintas longitudes , y un mismo cuerpo ) son en razon inversa de las distancias del centro de gravedad al punto de suspension.

Esto es lo que podemos sacar de su Obra ; pero no es suficiente para determinar el Problema , que necesitamos, si no incluimos los Lemmas siguientes.

### LEMMA I.

Hallar el centro de Oscilacion de un Cuerpo disminuido de otro menor.

SEa el Cono truncado ABEC<sup>a</sup> (que es un Cono FCE disminuido de otro menor FAB) que suspendido por la linea

<sup>a</sup> Fig. 6.

Ss

in.



inflexible DS, oscile sobre su punto de suspension S. Sea asimismo la suma de los momentos del pequeño Cono FAB (M); los del Cono FCE ( $m$ ); la distancia entre sus centros de oscilacion D; y la distancia del centro de oscilacion del Cono FCE al centro de oscilacion del Cono truncado  $d$ : con lo qual, tendrèmos conforme à las reglas de los centros de gravedad  $m : M = D + d : d$ ; luego

$m - M : M = D : d = \frac{MD}{m - M}$ ; pero los momentos

$M, m$ , son iguales à los pesos de los cuerpos, ò masas, multiplicados por sus distancias del punto de suspension al centro de gravedad: luego llamando los pesos  $P, p$ , y las distancias del punto de suspension al centro de gravedad

$E, e$ , tendrèmos tambien la expresion  $d = \frac{PED}{pe - PE}$ ; en

la que si se supone  $P = 1$ , quedará en  $d = \frac{ED}{pe - E}$ ; y si al

mismo tiempo es  $P = p$  se reducirá à  $d = \frac{ED}{e - E}$ .

#### LEMMA II.

Hallar el centro de Oscilacion de un Cuerpo compuesto de dos, puestos uno sobre otro.

Fig. 7. SEA DABC<sup>a</sup> un duplo Cono truncado, compuesto de dos Conos truncados ADB, ABC, que suspendido por la linea inflexible DS oscile sobre el punto de suspension S. Sea asimismo la suma de los momentos del cuerpo superior ADB (M); los del inferior ABC ( $m$ ); la distancia entre sus centros de oscilacion D; y la distancia del centro de



de oscilacion del cuerpo inferior al centro de oscilacion comun , que se busca  $d$ : con lo qual tendrèmos conforme à la regla de los centros de gravedad  $M : m = d : D - d$ ;

luego  $M + m : M = D : d = \frac{MD}{M + m}$ ; y poniendo co-

mo en el Lemma antecedente  $M = PE$ , y  $m = pe$ ; resul-

tarà  $d = \frac{PED}{PE + pe}$ ; y se supone  $P = 1$ , quedarà en  $d =$

$\frac{ED}{E + pe}$ ; y si al mismo tiempo es  $P = p$ ,  $d = \frac{ED}{E + e}$ .

### COROLARIO.

DE estas formulas se puede concluir el modo de hallar lo que en la practica levanta el centro de Oscilacion del Cuerpo el hilo , con que se suspende ; pues èste se puede considerar como un segundo Cuerpo , puesto encima del primero. Si se supone pues , que el peso del hilo es igual à

la unidad , nos valdrèmos de la formula  $d = \frac{ED}{E + pe}$ . Para

hallar el valor de  $D$  se supondrà , que el hilo es un Cilindro , cuyo centro de Oscilacion dista , segun *M. Huygens*, del de gravedad de  $\frac{1}{2}$  de su longitud, mas, la mitad del quadrado del Diametro de su Base , dividido por la misma longitud ; y haviendo hallado tambien el centro de Oscilacion del otro Cuerpo , se deducirà por sola adicion , ò subtraction el valor , que se desea de  $D$ .

Siguiendo estas reglas , nos podemos servir en la practica de un hilo grueso , y fuerte , del qual se tenga seguridad , que no se ha de romper ; pues considerandole un



Cilindro, se hace atencion à su grueso; y con ello se evitara el trabajo, que causa el romperse tan repetidas veces, por quererle usar muy delgado; sin embargo no se empleara grueso en exceso, porque el ambiente del ayre disminuýera considerablemente la magnitud de las Oscilaciones.

La formula  $d = \frac{ED}{E + pe}$  se reduce à la que diò *M. de Mairàn* en la Memoria citada, para hallar lo que el peso del hilo levanta el centro de Oscilacion; suponiendo (como lo hizo), que el peso siendo de ninguna extension, se halla todo reunido en el extremo del hilo  $2E$ , que supone tambien ser una linea inflexible; con lo qual son  $e = 2E$ , y  $D = \frac{2}{3}E$ ; y por consiguiente sera  $d = \frac{\frac{2}{3}E^2}{E + 2Ep}$   
 $= \frac{\frac{1}{3}E}{p + \frac{1}{2}}$ . Estas suposiciones, si  $p$  es de magnitud considerable, y el grueso del hilo tambien, no dexaran de producir algun yerro; pero como en la practica se estile siempre valerse de Cuerpos pequeños, y hilos muy delgados, el yerro es de ningun momento.

Si por las dimensiones, que se dieron en el Capitulo antecedente del duplo Cono, y las formulas de los dos Lemmas, se calcula la cantidad, que el centro de Oscilacion de este Cuerpo estaba mas baxo, que el de gravedad, se hallara de 0.018 lineas.

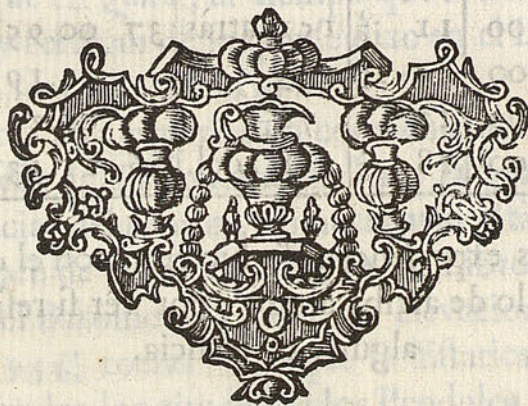
Affimismo si por las dimensiones del hilo, y duplo Cono, que se dieron, y la formula del Corolario, se calcula la cantidad, que el hilo levantaba el centro de Oscilacion del duplo Cono, se hallara de 0.034 lineas; por lo qual la longitud del Pendulo, con que se hizo la experien-



riencia desde el punto de suspension al centro de Oscilacion , serà igual à 36 pulg. 6.63 $\frac{1}{8}$  lineas — 0.018 — 0.034: esto es, igual à 36 pulg. 6.615 lineas.

Para deducir la longitud del Pendulo , que vibra los segundos de tiempo medio por el antecedente , tenemos esta analogía ,  $\frac{86400}{86418\frac{1}{2}}$  Oscilaciones, que hace un Relox en 24 horas de tiempo medio , son à 86418 $\frac{1}{2}$ , que hizo el Pendulo en el mismo tiempo ; como 36 pulgadas 6.615 lineas , à 36 pulgadas 6.802 lineas ; verdadera longitud del Pendulo simple , que vibra los segundos de tiempo medio en *Quito*.

Con esta misma practica hicimos 16 experiencias en la misma Ciudad , que son las de la Tabla siguiente.



Ta-



## Tabla de las Experiencias del Pendulo simple hechas en *Quito*.

Experiencias	Sugetos por quienes se hicieron.	Tiempo que duraron.			Magn. de las Oscilaciones al prin. fin		Lo que se atrasò, ò adelantò el Pendulo en 24 horas de tiempo medio.	Longitud del Pendulo hasta la Base del duplo Cono.		Longitud del Pendulo, que vibrarà los segundos de tiempo medio, resultante.
		h	'	"	lin.	lin.		pulg.	lin.	
1	M. Godin, y yo	1	12	02 $\frac{1}{2}$	6	$\frac{1}{2}$	18 $\frac{1}{2}$ adel.	36	11.29	36 6.802
2			57	13 $\frac{1}{2}$			16			.779
3		2	30	00			16 $\frac{3}{5}$			.786 $\frac{1}{2}$
4	M. Godin, y Ulloa	1	32	24 $\frac{1}{2}$	16	$\frac{3}{4}$	899 $\frac{3}{4}$		02.463	.791 $\frac{1}{2}$
5	M. Godin	2	25	00	18	$\frac{1}{5}$	34 $\frac{1}{4}$		11.10	.805
6	por mì	1	51	00	20	$\frac{1}{2}$	30		.182	.846 $\frac{1}{2}$
7	M. Godin	2	39	00	24	$\frac{1}{8}$	66		10.70	.695
8			10	00	27	$\frac{1}{8}$	61 $\frac{1}{2}$		10.84	.791 $\frac{1}{2}$
9			19	00	11	$\frac{1}{6}$	151 $\frac{1}{2}$ atrás	37	00.958	.741 $\frac{1}{2}$
10	por mì		04	00	15	$\frac{1}{2}$	263		02.19	.831 $\frac{1}{2}$
11	M. Godin	3	04	00	12	$\frac{1}{8}$	74 $\frac{1}{4}$		00.21	.781 $\frac{1}{2}$
12			00	00	18	$\frac{1}{6}$	8 adel.	36	11.33	.738

Las siguientes experiencias se hicieron con el duplo Cono, buelto lo de arriba abaxo, por ver si resultaba alguna diferencia.

13		2	00	00	18	$\frac{1}{8}$	13 adel.	11.273	.731 $\frac{1}{2}$
14		3	00	00	24	$\frac{1}{6}$	4 atrás	.40	.686 $\frac{1}{2}$
15		4	00	00	22	$\frac{1}{10}$	8	.455	.701 $\frac{1}{2}$
16	por mì	2	46	00	14	$\frac{1}{3}$	13 $\frac{1}{2}$	.477	.665

El medio entre todas dà la longitud del Pendulo simple, que vibra los segundos de tiempo medio en *Quito* de 36 pulgadas 6.761 lineas.

Esta



Esta longitud es necesario reducirla al nivèl del Mar, sobre el qual està la Ciudad de *Quito*, segun el Libro V, en que se refieren las experiencias del Barometro simple, 1517 toefas <sup>a</sup>; à lo que se puede dár varias resoluciones, segun se supusiere ser la razon, en que se hace la gravedad à distintas distancias del centro de la Tierra; y aunque la Astronomia nos enseña, que esta razon es la inversa de los quadrados de las distancias del centro, serà bueno incluir otras Observaciones, que lo acreditan.

<sup>a</sup> pag.130.

Don Antonio de Ulloa hallò ( por dos experiencias, que hizo, y otra M. Bouguer en lo alto del Cerro *Pichincha*, con una Maquina casi como la descrita en el Capitulo antecedente ) que el Pendulo era mas corto en aquel parage, que en *Quito* de  $\frac{26}{100}$  de linea: à lo qual si se añaden  $\frac{2}{100}$  por 4 grados, que el Thermometro se mantenìa mas baxo en *Pichincha*, que en *Quito*, al tiempo que se hicieron las experiencias, y resultan de lo que se dixo en el Libro IV, experiencia V, serà esta cantidad de  $\frac{28}{100}$ .

Para ver si esta experiencia conviene con la razon, en que nos enseña la Astronomia se hace la gravedad à distintas distancias del centro, es necesario estàr instruìdos, que la Cumbre de *Pichincha*, segun el Libro V de las experiencias del Barometro, tiene de elevacion sobre el nivèl de *Quito* 954 $\frac{1}{2}$  toefas <sup>b</sup>; y que la Estatica nos enseña tambien, que las longitudes de los Pendulos, que oscilan en iguales tiempos, son como las gravedades de los cuerpos; por lo qual la gravedad en *Quito*, es à la que se exerce en la Cumbre de *Pichincha* como 36 pulgadas 6.761, à 36 pulgadas 6.761—0.28. Tomando ahora el radio de la Tierra, segun M. Cassini de 3269297 toefas, debèmos hallar esta proporcion  $3269297 : 954\frac{1}{2} :: 3269297 : 36^{\circ}$ .

<sup>b</sup> pag.130.



6.761: 36°. 761—0.24; la qual no difiere mas que de  $\frac{2}{100}$  de linea en la longitud del Pendulo en *Pichincha*; y así, tambien las experiencias Phisicas nos enseñan, que los cuerpos gravan en razon inverfa de los quadrados de sus distancias al centro.

Para reducir pues, segun esto, la longitud del Pendulo en *Quito* al nivèl del Mar, diremos  $\frac{3269297}{2}$  es à...  $\frac{3269297}{2} + 1517$  como 36 pulg. 6.761 à 36 pulgadas 6.761+.412: esto es, la longitud del Pendulo al nivèl del Mar en el Equador, es mayor que en *Quito* de 0.412 lineas; y así serà aquella de 36 pulgadas 7.173 lineas.

Los que admiten la rotacion de la Tierra sobre su Exe, corrigieran ahora esta longitud, de lo que la fuerza centrifuga produce de menor efecto sobre la de gravedad al nivèl del Mar, que à la elevacion de 1517 toesas; lo que yo suprimo: pero por si alguno fuere curioso de examinarlo, sobra, que esto no alargará el Pendulo al Nivèl del Mar mas que de  $\frac{1}{1000}$  de linea.

El Thermometro de M. de Reaumur, mientras se hicieron todas las experiencias, estuvo siempre entre 1012, y 1013; y así se puede tomar el medio 1012½ para comparar la longitud del Pendulo dada con qualquiera otra, haciendo atencion al grado de Calor, ò Frio, que dilata, ò comprime las toesas, con que se midieron, segun tengo dicho en el Libro IV de la dilatacion, y compresion de los Metales, y segun operamos ultimamente con el Pendulo observado en *Pichincha*.

\*\*\*



CAPITULO IV.

*De las Experiencias hechas en el Cabo Francès, ò Guarico,  
y razon en que se hace la pesadèz.*

EN mi regresso à España por el Cabo de Hornos, arribamos, por estàr faltos de agua, y viveres, al Puerto del *Guarico*, en donde, interin se preparaba el Navio, empecé algunas Observaciones, entre las quales me pareció apropiado hacer las del Pendulo, para saber en què razon se hacen las pesadeces à distintas latitudes; servíme para ello de la misma Maquina, que tengo descrita; solo si en lugar del duplo cono puse una Esphera de cobre, que hallè bastantemente redonda, cuyo Semidiametro era de 4.125 lineas, y pesaba 14 y medio adarmes, valiendome al mismo tiempo del propio hilo de Pita, que me sirvió en *Quito*. Segun estas dimensiones el centro de Oscilacion de la Esphera estaba mas baxo, que el de gravedad de 0.015 lineas; pero por motivo del hilo se levantaría de 0.035; de cuyas cantidades se han corregido las Observaciones siguientes.

Tabla de las Experiencias del Pendulo simple hechas en el  
*Guarico, ò Cabo Francès.*

Experiencias	Tiempo que duraron.		Magn. de las Oscilaciones al prin. fin		Lo que se atrasò, ò adelantò el Pendulo en 24 horas de tiempo medio.	Longitud del Pendulo hasta lo mas baxo de la Bola.		Longitud del Pendulo, que vibra los segundos de tiempo medio, resultante.	
	h	'	lin.	lin.		pulg.	lin.	pulg.	lin.
1	1	07	12	$\frac{2}{3}$	1231 ad.	35	11.236	36	7.24 $\frac{1}{2}$
2	1	07	11	$\frac{1}{2}$	1403		9.548	36	7.32 $\frac{1}{3}$
3	1	19	18	$\frac{1}{2}$	1399 $\frac{1}{2}$		9.590		7.34
4	1	12	16	$\frac{1}{2}$	137 $\frac{1}{2}$ at.	37	1.065		7.52
5	1	02	12	$\frac{1}{2}$	152		1.115		7.42
6	0	52	10	$\frac{1}{2}$	944 $\frac{1}{3}$		9.220		7.31
7	0	48	10	1	1260 ad.	35	10.905		7.30
8	0	49	9	1	176 $\frac{1}{2}$	37	1.275		7.33



El medio entre todas (excluyendo la 4 por parecer excesiva) dà la longitud del Pendulo simple, que vibra los segundos de tiempo medio en el *Guarico* de 36 pulgadas 7.32 lineas.

Quando hice estas experiencias carecí de Thermometro; pero para reducirlas à el grado de temperamento, en que estuvieren hechas otras, se puede suponer sin yerro sensible, que se executaron al grado  $1022\frac{1}{2}$ , ò  $1023$  del Thermometro de *M. de Reaumur*, pues en todos aquellos Países cercanos, donde se mantiene el temperamento igual, se ha observado quedar el licor à esta altura; con lo qual la diferencia de temperamento quando se hicieron las experiencias en *Quito*, à quando se hicieron estas, es de 10 grados de Thermometro; à quienes corresponden, segun el Libro IV, por la media toesa  $\frac{43}{100}$  de linea; los quales añadidos à la determinacion de arriba, quedará la longitud del Pendulo simple, que vibra los segundos de tiempo medio, reducida al grado del Thermometro  $1012\frac{1}{2}$ , de 36 pulgadas 7.45 lineas.

*M. Godin*, antes de salir de *Paris*, observò la longitud del Pendulo, sirviendose para examinarle de la misma toesa, de que nos servimos en *Quito*, que es una condicion muy buena para evitar la duda, que pudiera ofrecerse, de si se dilataba, ò comprimía mas una toesa, que otra, con el Calor, ò Frio, por ser de distinto grueso, y solidéz, como tengo dicho Libro IV; y la hallò de 36 pulgadas  $8\frac{50}{90}$  lineas, tomando un medio entre todas sus Observaciones, en las quales se mantuvo el Thermometro à 1008, que hay de diferencia con la altura à que se mantuvo en las experiencias de *Quito* 4 y medio grados, que equivalen, segun la Tabla V Libro IV, à  $\frac{4\frac{1}{2}}{100}$  de linea de compres-

sion



sion en cada toesa ; luego al Pendulo de *París* le corresponden  $\frac{2\frac{1}{4}}{100}$  ; y así será su longitud reducida al grado  $1012\frac{1}{2}$  del Thermometro de 36 pulgadas 8.53 lineas.

*M. de Maupertuis* en su Viage à la *Lapponia* hallò , que el Pendulo simple, que vibra los segundos de tiempo medio en la Latitud  $66^{\circ} 48' 20''$  es mayor , que en *París* de  $\frac{6}{10}$  de linea ; por lo qual será de 36 pulgadas 9.13 lineas , reducido así mismo al grado del Thermometro  $1012\frac{1}{2}$ .

Segun esto tenemos de cierto , que los Pendulos son de distinta longitud en distintas latitudes , y así mismo en diversas alturas sobre la superficie terraquea , como se viò en el Capitulo antecedente : y siendo esta longitud como las pesadeces de los cuerpos , segun enseña la Estática, en suposicion de vibrar en iguales tiempos ; se sigue , que la pesadèz de los cuerpos es distinta en distintas latitudes, y en diversas alturas sobre la superficie terraquea. Esto yà lo demonstramos en el Capitulo antecedente , haciendo ver por experiencia , que las gravedades son como los quadrados de las distancias al centro *inverse* , lo que concuerda exactamente con la *Hypothesis Newtoniana* ; pero no menos se hallará en el aumento de pesadèz en distintas latitudes ; la qual tambien dixo *M. Newton* ( en la suposicion de la homogeneidad de la Tierra ) que havia de exercerse segun los quadrados de los Senos de las latitudes ; y aunque no lo advirtiò en la suposicion de ser heterogenea , lo hace ver ultimamente *M. Clairaut* en la pagina 247. " Para acreditarlo, no es menester mas , que ver si el quadrado del Seno de latitud de *París*  $48^{\circ} 50'$  , es al

Tt 2

qua-



cuadrado del Seno de la latitud del *Guarico*  $19^{\circ} 45' 50''$ ; como el exceso del Pendulo en *París* sobre el del Equador 1.36, es al exceso del Pendulo en el *Guarico* sobre el del Equador 0.28; y se hallará, que esta proporcion es exacta à  $\frac{1}{200}$  de linea de diferencia, que es à quanta exactitud se puede llegar en las experiencias.

De la misma manera si nos valémos de los Pendulos de *M. de Maupertuis*, observado en *Pello* del *Guarico*, y del Equador; se hallará esta proporcion confirmada à  $\frac{3}{200}$  de linea de diferencia; solo si sirviendonos del de *M. de Maupertuis*, del de *París*, y Equador, resultan  $\frac{6}{100}$  de linea de diferencia; pero sin embargo es esta cantidad despreciable.

## CAPITULO V.

### *Conclusion de la Figura de la Tierra.*

**Y**A diximos en el Libro antecedente, como siendo desiguales los grados medidos en distintas latitudes, la Tierra no podía ser Esférica; y asimismo, que aumentando al passo que distan mas del Equador, había de ser precisamente Lata: esto es, el Diametro del Equador mayor que el Exe; en cuya suposicion, y la de ser una perfecta Elipsoide, se dió la formula para deducir la razon, en que se hallan dichos Diametros. Esta la quieren hacer convenir los mas Autores, con la que dieren la longitud de los Pendulos de distintas latitudes, los unos valiéndose de un principio, y los otros de otro; pero demostrando *M. Clairaut*, en la pagina 141<sup>a</sup>, que la gravedad no se exerce segun la linea tirada al centro de la Tierra, es menester abandonar todas las Hypothesis, que hacen  
esta

<sup>a</sup> Theorie de la Figure de la Terre tirée des principes de l'Hydrostatique.



esta suposicion ; con lo qual no nos quedará mas , que la de las Atracciones de *M. Newton* , porque la que supone exercerse la gravedad , siempre perpendicularmente à una misma curva , no se tiene por muy natural.

Tambien demuestra el mismo *M. Clairaut* paginas 171, y 172 , que en la Hypotesis de las Atracciones , si la Tierra fuera homogenea, sería una Elipsoide , y la razon de sus Exes la de 230 à 231 ; y afsimismo pagina 209 , que aunque no sea homogenea , será una Elipsoide ; pero que la razon de sus Exes será en este caso menor que la de 230 à 231 , siendo la materia mas densa al passo , que esté mas proxima al centro ; proposicion veridica , aunque opuesta à la determinacion de *M. Newton* <sup>a</sup>. Siguiendo pues sus reglas , las formulas dadas en el Libro antecedente , para hallar la razon de los Diametros de la Tierra por los grados medidos , es válida. La que dà para hallar la misma razon por la medida de los Pendulos es  $\frac{P-\pi}{\pi} = 2\epsilon - \delta^b$  : de

donde se deduce  $\delta = 2\epsilon - \frac{P-\pi}{\pi}$  ; en la qual P expresa la longitud del Pendulo en el Polo ;  $\pi$  la longitud del mismo en el Equador ;  $\epsilon$  la *Elipticidad* de la Tierra , en caso de ser homogenea , que llama al exceso del Diametro del Equador sobre el Exe , dividido por el mismo Exe,  $= \frac{1}{230}$  ; y  $\delta$  la *Elipticidad* en el caso de ser heterogenea. Si aplicamos pues à esta formula los Pendulos Observados , se hallará la razon de los Diametros de la Tierra , que después se verá no convenir con la que dieren los grados medidos ; es pues preciso , que las suposiciones hechas no sean exactas,

<sup>a</sup> Philosophiæ naturalis principia Mathematica pagina 240.

<sup>b</sup> Theorie de la Figure de la Terre tirée des principes de l'Hydrostatique pag. 250.



tas, ò que haya algun yerro en las medidas, que yà notamos en el Libro antecedente. No podrémos assegurar lo uno, ni lo otro; pero siempre que los yerros, que se supusieren en las medidas, no salgan fuera de los limites en que están encerrados, parece que debemos aceptarlos prudentemente, y mas quando con ello conviene todo lo operado.

Supongamos pues, que el exceso de la longitud del Pendulo en el Polo sobre la del Equador sea solo de 2.16 lineas, lo qual redunda de suponerse

La longitud del Pendulo	pulg.	lineas	lineas
En el Equador de	36	7.250 mayor q̃ la observada	0.077
Guarico		7.497	0.047
Paris		8.475 menor q̃ la observada	0.045
Pello		9.075	0.000

Lo que juzgo, se puede admitir prudentemente en las Observaciones; y sirviendonos de estos valores, è introduciendolos en la formula dada, tendrémos  $\delta = \frac{2}{230}$  —

$\frac{2.16}{439.25} = \frac{1}{265}$  con corta diferencia; segun lo qual, y lo dicho en el Corolario 9 del Libro antecedente, tendrémos, 265 es à  $\frac{3}{5}$ , como el grado del Meridiano contiguo à el Equador, à la cantidad en que excede à este el grado de Latitud 45°; ò como 530 à 3; y tambien (Corolario 12) el grado de Meridiano contiguo à el Equador, es la cantidad en que excede à este el del mismo Equador como 265 à 2; lo que establecido, y tomando el grado de Meridiano contiguo à el Equador de 56800 toefas, se hallarán los otros de los valores que se figuen.

Gra-



	Grados de Meridiano	
El contiguo al Eq. de 56800 toef. May. que el medido	32 r.	
de la Lat. $45^{\circ}$	$57121\frac{1}{2}$	$71\frac{1}{2}$
de la Lat. $66^{\circ} 29'$	$57343\frac{1}{2}$	Men. que el medido $94\frac{1}{2}$
del Polo	$57443$	

	Grados de Paralelos	
del Equa.	$57228\frac{1}{2}$	
del Paral. $43^{\circ} 32'$	$41489\frac{1}{2}$	$128\frac{1}{2}$

Este Paralelo lo midiò ultimamente *M. Cassini de Thury*, con el Abate *de la Caille*, quando fueron à verificar la Meridiana de la *Francia*; cuyas operaciones se pueden ver en su Obra intitulada *La Meridienne de Paris verifiée*, pagina 106.

Entre las diferencias de los grados medidos, à los que se establecen, segun la theorica, y resolucion que damos de la Elipse; ò por mejor decir, entre los yerros notados, el que me parece mas considerable, es el de  $94\frac{1}{2}$  toefas en grado  $66^{\circ} 29''$ . Este pudiera proceder de haver determinado la amplitud del arco, por donde se concluyò de 6 segundos menor, que su legitimo valor; ò de solos 3 segundos de yerro en la verificacion del Sector, con que se hicieron las Observaciones Astronómicas. Ahora pues, si se considera, que son 3 segundos de yerro, no solo no se hallarà este de momento, pero se admirarà la justificacion.

En quanto à las  $128\frac{1}{2}$  toefas de yerro en el Paralelo; deben resultar de 44 terceros de diferencia en tiempo, que huvieran producido solo el yerro de  $1'' 23'''$  en las Observaciones, que determinaron el grado, respeto de haverse me-



medido  $1^{\circ} 53' 19''$ ; ò de solo  $41\frac{1}{2}'''$  de equivocacion para cada uno de los dos Observadores. Vuelvase à confidear, que son  $41\frac{1}{2}'''$  de yerro, repartidos no solo en la Observacion, pero tambien en el examen del Pendulo, y se concluirà como antes.

Segun esto, todas las Observaciones convienen en que la Tierra es una Elipsoide Lata, y su razon de Diametros la de 265 à 266; aunque en esto ultimo se podrian admitir algunas cortas alteraciones, segun los yerros, que se quifieren suponer en las Observaciones.

Esto establecido, y el valor del grado del Equador siendo (como diximos) de  $57228\frac{1}{2}$  toefas; la circunferencia de este circulo tendrà 20602260 toefas, ò  $53079433\frac{2}{3}$  Varas Castellanas, y su Diametro 6557903 toefas, ò 16895708 $\frac{1}{2}$  Varas; por lo qual, le tocan al Exe (segun la razon dada de 266 à 265) 6533249 toefas, ò 16832190 Varas. Estará pues el Equador mas distante del centro de la Tierra, que el Polo 12327 toefas, ò 31759 $\frac{1}{4}$  Varas.

Para hallar la Periferia de los Meridianos, es necesario valerse de la rectificacion de la Elipse. Esta la traen varios Autores, que tratan de Geometría sublime, y de los calculos diferencial, è integral; pero las formulas, que dàn para ello, solo pueden servir, quando se buscan Arcos pequeños de la Curva; pues queriendose valer de ellas para hallar todo el quadrante de la Elipse, los terminos de la Serie, à que reducen dicha rectificacion, disminuyen tan poco à poco, que es casi impracticable la operacion. Con esto me ha parecido, que pueden los Geometras gustar de ver el methodo, que yo he seguido de rectificar, ò hallar la Periferia de la Elipse de la Tierra; pues en èl se evita el inconveniente que padecen los demás: es pues el methodo el siguiente.

PRO-



## P R O B L E M A.

RECTIFICAR la Elipse de los Meridianos de la Tierra , ò hallar la Periferia de èstos.

Sea BECQ <sup>a</sup> la Elipse , ò Meridiano de la Tierra , que se pretende rectificar ; EQ el Diametro del Equador ; y BC el Exe. Tirese la linea GI paralela al Exe , è infinitamente inmediata à ella , y tambien la ON, afsimismo paralela al Exe. Baxese la perpendicular NP , y sean por lo presente

<sup>a</sup> Fig. 14.  
Lam. 7.

$$DE = 1$$

$$DB = a$$

$$DG = x$$

$$GI = y$$

$$NP = dx$$

$$PI = dy$$

La equacion à la Elipse serà con esto  $\frac{1}{a^2} y^2 = 1 - x^2$ ,

y su diferencia  $y dy = - a^2 x dx$ ; por lo qual  $dy = \frac{-a^2 x dx}{y}$ .

De la equacion primera tenemos  $y = a \cdot (1 - x^2)^{\frac{1}{2}}$ ; luego

$dy = \frac{-ax dx}{(1 - x^2)^{\frac{1}{2}}}$ ; y afsi serà el pequeño arco  $IN = ..$

$(NP^2 + PI^2)^{\frac{1}{2}} = (dx^2 + dy^2)^{\frac{1}{2}} = \left( dx^2 + \frac{a^2 x^2 dx^2}{1 - x^2} \right)^{\frac{1}{2}} = ....$

$dx \cdot \frac{(1 - x^2 + a^2 x^2)^{\frac{1}{2}}}{(1 - x^2)^{\frac{1}{2}}} = (\text{suponiendo } 1 - a^2 = n^2) \dots\dots$

$dx \cdot \frac{(1 - n^2 x^2)^{\frac{1}{2}}}{(1 - x^2)^{\frac{1}{2}}}.$

Reduzcase ahora la cantidad  $(1 - n^2 x^2)^{\frac{1}{2}}$  à una Série infinita;

Vu

ta;



ta; y tendrèmos  $(1 - n^2 x^2)^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{n^2 x^2}{2} - \frac{n^4 x^4}{8} - \frac{n^6 x^6}{16} - \frac{5n^8 x^8}{128} - \&c;$

$$\text{por lo qual } IN = dx \cdot \frac{1 - \frac{n^2 x^2}{2} - \frac{n^4 x^4}{8} - \frac{n^6 x^6}{16} - \frac{5n^8 x^8}{128} - \&c}{(1 - x^2)^{\frac{1}{2}}}$$

El primer termino es  $\frac{dx}{(1 - x^2)^{\frac{1}{2}}}$ ; que es la diferencia del arco de circulo, cuyo radio es 1; con que llamando esta diferencia  $dA$ , quedará . . . . .

$$IN = dA - dx \cdot \frac{\frac{n^2 x^2}{2} + \frac{n^4 x^4}{8} + \frac{n^6 x^6}{16} + \frac{5n^8 x^8}{128} + \&c}{(1 - x^2)^{\frac{1}{2}}}$$

Ademàs de esto, reduciendo  $(1 - x^2)^{\frac{1}{2}}$  à una Série infinita, tenemos  $(1 - x^2)^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{x^2}{2} - \frac{x^4}{8} - \frac{x^6}{16} - \frac{5x^8}{128} - \&c;$

$$\text{por lo qual } IN = dA - dx \cdot \frac{\frac{n^2 x^2}{2} + \frac{n^4 x^4}{8} + \frac{n^6 x^6}{16} + \frac{5n^8 x^8}{128} + \&c}{1 - \frac{x^2}{2} - \frac{x^4}{8} - \frac{x^6}{16} - \frac{5x^8}{128} - \&c};$$

y partiendo una Série por la otra, resulta . . . . .

$$IN = dA - dx \cdot \left( \frac{n^2 x^2}{2} + \frac{n^2 + n^4}{8} x^4 + \frac{3n^2 + n^4 + n^6}{16} x^6 + \frac{20n^2 + 6n^4 + 4n^6 + 5n^8}{128} x^8 + \right.$$

cuyo integral, ferà el valor del arco BI: esto es, . . .

$$BI = A - \frac{n^2 x^3}{6} - \frac{n^2 + n^4}{40} x^5 - \frac{3n^2 + n^4 + n^6}{112} x^7 - \frac{20n^2 + 6n^4 + 4n^6 + 5n^8}{1152} x^9 - \&c.$$

Esta formula es suficiente para hallar el valor de todo el quadrante de la Elipse BE, solo con suponer  $x = 1$ ; pero si así se hace, los terminos disminuyen tan poco à poco, que es casi impracticable la operacion; y por esto recurrir à buscar el arco EI, suponiendo  $EG = x$ , y los demás



más valores como antes ; en cuyo caso la equacion à la Elipse es  $\frac{1}{a^2}y^2 = 2x - x^2$  , y su diferencia  $ydy = a^2$ .

$(dx - xdx)$  ; por lo qual  $dy = \frac{a^2 dx}{y} \cdot (1 - x)$ . De la equacion à la Elipse tenemos  $y = a \cdot (2x - x^2)^{\frac{1}{2}}$  ; luego  $dy = \frac{adx \cdot (1 - x)}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}}$  ; y así ferà el pequeño arco  $IN = \dots$

$$(NP^2 + PI^2)^{\frac{1}{2}} = (dx^2 + dy^2)^{\frac{1}{2}} = \left( dx^2 + \frac{a^2 dx^2 \cdot (1 - x)^2}{(2x - x^2)} \right)^{\frac{1}{2}} = dx \cdot \frac{(a^2 + (1 - a^2) \cdot (2x - x^2))}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}} = (\text{suponiendo } 1 - a^2 = n^2)$$

$$dx \cdot \frac{(a^2 + n^2 \cdot (2x - x^2))^{\frac{1}{2}}}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}}.$$

Reduzcase ahora la cantidad  $(a^2 + n^2 \cdot (2x - x^2))^{\frac{1}{2}}$  à una Sèrie infinita , y tendrèmos . . . . .

$$(a^2 + n^2 \cdot (2x - x^2))^{\frac{1}{2}} = a + \frac{n^2 x}{a} - \frac{n^4 x^2}{4a^3} + \frac{n^6 x^3}{2a^5} - \frac{5n^8 x^4}{8a^7} + \&c \\ - \frac{n^2 x^2}{2a} + \frac{n^4 x^3}{4a^3} - \frac{n^6 x^4}{4a^5} + \&c \\ - \frac{n^4 x^4}{8a^3} + \&c$$

por lo qual . . . . .

$$IN = \frac{dx}{(2x - x^2)^{\frac{1}{2}}} \cdot a + \frac{n^2 x}{a} - \frac{n^4 x^2}{4a^3} + \frac{n^6 x^3}{2a^5} - \frac{5n^8 x^4}{8a^7} + \&c \\ - \frac{n^2 x^2}{2a} + \frac{n^4 x^3}{4a^3} - \frac{n^6 x^4}{4a^5} + \&c \\ - \frac{n^4 x^4}{8a^3} + \&c$$

Vu 2

el



el primer termino es  $\frac{adx}{(2x-x^2)^{\frac{1}{2}}}$ ; que es la diferencia del arco de circulo, cuyo radio es 1, multiplada por  $a$ ; con que llamando esta diferencia  $dB$ , quedará . . . . .

$$IN = dB + \frac{dx}{(2x-x^2)^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{n^2x}{a} - \frac{n^4x^2}{4a^3} + \frac{n^6x^3}{2a^5} - \frac{5n^8x^4}{8a^7} + \&c$$

$$- \frac{n^2x^2}{2a} + \frac{n^4x^3}{4a^3} - \frac{n^6x^4}{4a^5} + \&c$$

$$- \frac{n^4x^4}{8a^3} + \&c$$

Ademàs de esto, reduciendo  $(2x-x^2)^{\frac{1}{2}}$  à una Série infinita, tenemos . . . . .

$$(2x-x^2)^{\frac{1}{2}} = 2^{\frac{1}{2}}x^{\frac{1}{2}} - \frac{x^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{5}{2}}}{16 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{7}{2}}}{64 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{9}{2}}}{1024 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \&c;$$

por lo qual . . . . .

$$\frac{n^2x}{a} - \frac{n^4x^2}{4a^3} + \frac{n^6x^3}{2a^5} - \frac{5n^8x^4}{8a^7} + \&c$$

$$- \frac{n^2x^2}{2a} + \frac{n^4x^3}{4a^3} - \frac{n^6x^4}{4a^5} + \&c$$

$$- \frac{n^4x^4}{8a^3} + \&c$$

$$IN = dB + dx \cdot \frac{\frac{1}{2}x^{\frac{1}{2}} - \frac{x^{\frac{3}{2}}}{2 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{5}{2}}}{16 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{7}{2}}}{64 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \frac{x^{\frac{9}{2}}}{1024 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \&c}{2x^{\frac{1}{2}}}$$

y partiendo una Série por la otra, resulta . . . . .

$$IN = dB + dx \cdot \frac{\frac{n^2x^{\frac{1}{2}}}{a \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \frac{a^2 + n^2}{4a^3 \cdot 2^{\frac{1}{2}}}n^2x^{\frac{3}{2}} - \frac{a^4 - 24a^2n^2 - 16n^4}{32a^5 \cdot 2^{\frac{1}{2}}}n^2x^{\frac{5}{2}} - \frac{a^6 - 7a^4n^2 + 16a^2n^4 + 80n^6}{128a^7 \cdot 2^{\frac{1}{2}}}n^2x^{\frac{7}{2}} - \&c}{2x^{\frac{1}{2}}}$$

cuyo integral ferà el valor del arco EI: esto es . . . .

EI



$$EI = B + \frac{2n^2x^{\frac{1}{2}}}{3a \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \frac{a^2 + n^2}{10a \cdot 2^{\frac{1}{2}}} n^2 x^{\frac{3}{2}} - \frac{a^4 - 24a^2n^2 - 16a^2n^4}{112a^5 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} n^2 x^{\frac{5}{2}} - \frac{a^6 - 7a^4n^2 - 16a^2n^4 + 80n^6}{576a^7 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} n^2 x^{\frac{7}{2}} - \&c.$$

Hallados los valores de los dos arcos BI, EI, supongase dividida la DE en dos partes iguales en G ; y entonces tendrèmos , para los dos valores de los arcos,  $x = \frac{1}{2}$  ; y se reduciràn à . . . . .

$$BI = A - \frac{n^2}{48} - \frac{2 + n^2}{1280} - \frac{3 + n^2 + n^4}{14336} n^2 - \frac{20 + 6n^2 + n^4 + 5n^6}{589884} n^2 - \&c$$

$$EI = B + \frac{n^2}{6a} - \frac{a^2 + n^2}{80a^3} n^2 - \frac{a^4 - 24a^2n^2 - 16n^4}{1792a^5} n^2 - \frac{a^6 - 7a^4n^2 - 16a^2n^4 + 80n^6}{18432a^7} n^2 - \&c.$$

Si el calculo del arco BE , no se quiere llevar mas que à siete lugares de decimales , que es mas de lo suficiente para muy grande exactitud ; entonces la mayor parte de las cantidades de estas Séries son despreciables por infinitamente pequeñas ; y las utiles solo son . . . . .

$$BI = A - \frac{n^2}{48} - \frac{n^2}{640} - \frac{3n^2}{14336} - \&c$$

$$EI = B + \frac{n^2}{6a} - \frac{n^2}{80a} - \frac{n^2}{1792a} - \frac{n^2}{18432a} - \&c.$$

Entremos ahora en el calculo numérico. Haviendose supuesto la razon de Diametros la de 266 à 265 , tendrèmos

$$a = \frac{265}{266} ; \text{ y } 1 - a^2 = n^2 = 1 - \left( \frac{265}{266} \right)^2 = \frac{531}{70756} = 0.0075046 \&c;$$

por lo qual

$$\frac{1}{48} n^2 = 0.0001564$$

$$\frac{1}{640} n^2 = 0.0000117$$

$$\frac{3}{14336} n^2 = 0.0000015$$

$$\frac{n^2}{48} + \frac{n^2}{640} + \frac{3n^2}{14336} = 0.0001696$$

Ade-



Ademàs . . . . .  $\frac{1}{80}n^2 = 0.0000938$

$$\frac{1}{1792}n^2 = 0.0000042$$

$$\frac{1}{18432}n^2 = 0.0000004$$

luego  $\frac{1}{80}n^2 + \frac{1}{1792}n^2 + \frac{1}{18432}n^2 = 0.0000984$

$$\frac{1}{6}n^2 = 0.0012507$$

luego  $\frac{1}{6}n^2 - \frac{1}{80}n^2 - \frac{1}{1792}n^2 - \frac{1}{18432}n^2 = 0.0011523$

Esta cantidad partida por  $a = \frac{265}{266}$  darà . . . . .

$$\frac{n^2}{6a} - \frac{n^2}{80a} - \frac{n^2}{1792a} - \frac{n^2}{18432a} = 0.0011566$$

B es igual al arco de circulo de 60 grados, multiplicado por  $a$ .

El radio siendo 1, el arco de 60 grados es 1.0471975 con que multipli. por  $a = \frac{265}{266}$ ; tendremos  $B = 1.0432607$

A es igual al arco de circulo de 30 grad. = 0.5235987

del qual si se subft.  $\frac{n^2}{48} + \frac{n^2}{640} + \frac{3n^2}{14336} = 0.0001696$

quedarà  $A - \frac{n^2}{48} - \frac{n^2}{640} - \frac{3n^2}{14336} = 0.5234291$

añadase à esto B = 1.0432607

y tambien  $\frac{n^2}{6a} - \frac{n^2}{80a} - \frac{n^2}{1792a} - \frac{n^2}{18432a} = 0.0011566$

y la Suma 1.5678464

ferà el valor del Quadrante BE de la Elipse, suponiendo el Semidiametro DE del Equador igual à 1, ò el Quadrante



drante de este circulo igual à 1.5707963; y así la circunferencia del Equador será à la Periferia de los Meridianos de la Tierra como 15707963 à 15678464; y habiéndose establecido antes la circunferencia del Equador de 20602260 toefas, la Periferia del Meridiano tendrá 20563570 de las mismas toefas. La Tierra pues rodeada Norte Sur, tendrá menos, que rodeada por encima del Equador 38690 toefas, ò 90103 Varas Castellanas.

Con poco trabajo que se añada à las formulas antecedentes, se consigue hallar el valor de qualquier porcion de Meridiano comprehendido entre qualesquiera dos Latitudes dadas.

Si  $IN^a$  se toma por el radio de un circulo, NP será el Seno recto, y IP el Seno 2 de la Latitud del Lugar I; con que llamando estos Senos el primero S, y el segundo C,

tendremos  $\frac{S}{C} = \frac{dx}{dy}$ ; pero la equacion à la Elipse . .

$\frac{1}{a^2}y^2 = 1 - x^2$  nos diò antecedentemente . . . . .

$dy = \frac{-axdx}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}}$ ; luego  $\frac{S}{C} = \frac{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}}{-ax}$ ; de donde se dedu-

ce  $x = \left( \frac{C^2}{C^2 + a^2 S^2} \right)^{\frac{1}{2}}$ .

Pongase este valor de x en la formula . . . . .

$$BI = A - \frac{n^2 x^3}{6} - \frac{n^2 + n^4}{40} x^5 - \frac{3n^2 + n^4 + n^6}{112} x^7 - \frac{20n^2 + 6n^4 + 4n^6 + 5n^8}{1152} x^9 \&c$$

y se hallará qualquier porcion de arco de Meridiano como BI, comprehendido entre el Polo B, y la Latitud del Lugar I, cuyo Seno recto es S, y el segundo C.

O bien, pongase en la otra . . . . .

EI

*a* Fig. 14.  
Lam. 7.



$$EI = B + \frac{2n^2 x^{\frac{1}{2}}}{3a \cdot 2^{\frac{1}{2}}} - \frac{a^2 + n^2}{10a^3 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} n^2 x^{\frac{3}{2}} - \frac{a^4 - 24a^2 n^2 - 16n^4}{112a^5 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} n^2 x^{\frac{5}{2}} - \frac{a^6 - 7a^4 n^2 + 16a^2 n^4 - 8n^6}{576a^7 \cdot 2^{\frac{1}{2}}} n^2 x^{\frac{7}{2}} - \&c.$$

en lugar de  $x$  su cantidad correspondiente  $1 - \left( \frac{C^2}{C^2 + a^2 S^2} \right)$

y se hallará igualmente qualquiera porcion de arco de Meridiano como  $EI$ , comprehendido entre el Equador, y la Latitud del Lugar  $I$ .

El calculo numérico es sin embargo por este camino algo dilatado, si se quiere llevar à cierta exactitud; y por esso, es mejor servirse del Corolario 7 del Libro antecedente, con el qual se calcula facilmente el valor de cada grado del Meridiano; y formando una Tabla como la que se sigue, se tiene por medio de la adición, ò subtracción el valor de qualquiera arco.

Como el trabajo que se tiene para la formación de esta Tabla sea el mismo, que aquel, que debe emplearse, para la formación de otra, que muestre la longitud del Pendulo simple, que oscila los segundos de tiempo medio en todas las Latitudes, no se ha querido omitir; pues con esso los que se aplicaren à las Experiencias, verán si convienen las suyas, con las que aquí se indicaren.

La 1<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, y 7<sup>a</sup> Columnas de la primera Tabla muestran la Latitud de los Lugares desde el Equador, ò Cero grados hasta el Polo; la 2<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, y 8<sup>a</sup> el valor de cada grado de Meridiano en toefas del *piè de Rey de Paris*; ò de otra suerte, el numero de toefas, que se incluyen entre grado, y grado de las Latitudes, que indican las Columnas antecedentes; y la 3<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, y 9<sup>a</sup> contienen el valor de los Arcos de Meridiano, empezando desde el Equador: esto es, las toefas, que se incluyen des-



desde el Equador hasta la Latitud , que indican las Columnas 1<sup>a</sup> , 4<sup>a</sup> , y 7<sup>a</sup> .

En la Tabla segunda , las Columnas 1<sup>a</sup> , 3<sup>a</sup> , y 5<sup>a</sup> muestran la Latitud de los Lugares desde el Equador hasta el Polo ; y las 2<sup>a</sup> , 4<sup>a</sup> , y 6<sup>a</sup> la longitud , que debe tener el Pendulo simple , en pulgadas , lineas , y millesimos de estas del *piè de Rey de Paris* , en dichos Lugares , para que vibre los segundos de tiempo medio.

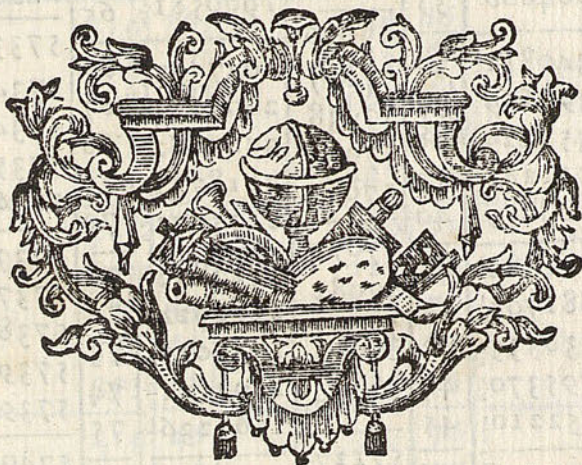




Tabla del valor de los grados, y Arcos del Meridiano terrestre  
en toefas del *piè de Rey de Paris*.

Latitud	Valor de los grados del Meridiano	Valor de los Arcos del Meridiano	Latitud	Valor de los grados del Meridiano	Valor de los Arcos del Meridiano	Latitud	Valor de los grados del Meridiano	Valor de los Arcos del Meridiano
	Toefas	Toefas		Toefas	Toefas		Toefas	Toefas
0°	56800	00000	30	56965	1705655 $\frac{1}{2}$	60	57287	3419285 $\frac{1}{2}$
1	56800 $\frac{1}{2}$	56800	31	56975	1762620 $\frac{1}{2}$	61	57296	3476572 $\frac{1}{2}$
2	56801	113600 $\frac{1}{2}$	32	56985	1819595 $\frac{1}{2}$	62	57305	3533868 $\frac{1}{2}$
3	56802	170401 $\frac{1}{2}$	33	56995	1876580 $\frac{1}{2}$	63	57314	3591173 $\frac{1}{2}$
4	56803	227203 $\frac{1}{2}$	34	57006	1933575 $\frac{1}{2}$	64	57323	3648487 $\frac{1}{2}$
5	56805	284006	35	57016	1990581 $\frac{1}{2}$	65	57332	3705810 $\frac{1}{2}$
6	56808	340811 $\frac{1}{2}$	36	57027	2047597 $\frac{1}{2}$	66	57340	3763142 $\frac{1}{2}$
7	56810	397619 $\frac{1}{2}$	37	57038	2104624 $\frac{1}{2}$	67	57348	3820482 $\frac{1}{2}$
8	56813	454429 $\frac{1}{2}$	38	57049	2161662 $\frac{1}{2}$	68	57356	3877830 $\frac{1}{2}$
9	56817	511242 $\frac{1}{2}$	39	57060	2218711 $\frac{1}{2}$	69	57364	3935186 $\frac{1}{2}$
10	56821	568059 $\frac{1}{2}$	40	57071	2275771 $\frac{1}{2}$	70	57371	3992550 $\frac{1}{2}$
11	56825	624880 $\frac{1}{2}$	41	57082	2332842 $\frac{1}{2}$	71	57378	4049921 $\frac{1}{2}$
12	56830	681705 $\frac{1}{2}$	42	57093	2389924 $\frac{1}{2}$	72	57384	4107299 $\frac{1}{2}$
13	56835	738535 $\frac{1}{2}$	43	57104	2447017 $\frac{1}{2}$	73	57391	4164683 $\frac{1}{2}$
14	56840	795370 $\frac{1}{2}$	44	57115	2504121 $\frac{1}{2}$	74	57397	4222074 $\frac{1}{2}$
15	56846	852210 $\frac{1}{2}$	45	57127	2561236 $\frac{1}{2}$	75	57402	4279471 $\frac{1}{2}$
16	56851	909056 $\frac{1}{2}$	46	57138	2618363 $\frac{1}{2}$	76	57407 $\frac{1}{2}$	4336873 $\frac{1}{2}$
17	56858	965907 $\frac{1}{2}$	47	57149	2675501 $\frac{1}{2}$	77	57412	4394281
18	56864	1022765 $\frac{1}{2}$	48	57160	2732650 $\frac{1}{2}$	78	57417 $\frac{1}{2}$	4451693
19	56871	1079629 $\frac{1}{2}$	49	57171	2789810 $\frac{1}{2}$	79	57421	4509110 $\frac{1}{2}$
20	56878	1136500 $\frac{1}{2}$	50	57182	2846981 $\frac{1}{2}$	80	57425	4566531 $\frac{1}{2}$
21	56886	1193378 $\frac{1}{2}$	51	57193	2904163 $\frac{1}{2}$	81	57428 $\frac{1}{2}$	4623956 $\frac{1}{2}$
22	56894	1250264 $\frac{1}{2}$	52	57204	2961356 $\frac{1}{2}$	82	57432	4681385
23	56902	1307158 $\frac{1}{2}$	53	57215	3018560 $\frac{1}{2}$	83	57434	4738817
24	56910	1364060 $\frac{1}{2}$	54	57226	3075775 $\frac{1}{2}$	84	57437	4796251
25	56919	1420970 $\frac{1}{2}$	55	57236	3133001 $\frac{1}{2}$	85	57438 $\frac{1}{2}$	4853688
26	56928	1477889 $\frac{1}{2}$	56	57247	3190237 $\frac{1}{2}$	86	57440	4911126 $\frac{1}{2}$
27	56937	1534817 $\frac{1}{2}$	57	57257	3247484 $\frac{1}{2}$	87	57441	4968566 $\frac{1}{2}$
28	56946	1591754 $\frac{1}{2}$	58	57267	3304741 $\frac{1}{2}$	88	57442	5026007 $\frac{1}{2}$
29	56955	1648700 $\frac{1}{2}$	59	57277	3362008 $\frac{1}{2}$	89	57443	5083449 $\frac{1}{2}$
30	56955	1705655 $\frac{1}{2}$	60	57277	3419285 $\frac{1}{2}$	90	57443	5140892 $\frac{1}{2}$



Tabla, que demuestra la Longitud del Pendulo simple, que vibra los segundos de tiempo medio en todos los grados de Latitud de la superficie terrestre, en pulgadas, lineas, y milesimos de linea del *piè de Rey de Paris*

Latit.	Longitud del Pendulo		Latit.	Longitud del Pendulo		Latit.	Longitud del Pendulo	
	pul.	lineas		pul.	lineas		pul.	lineas
0°	36.	7.250	30	36.	7.790	60	36.	8.870
1		250	31		823	61		902
2		253	32		856	62		934
3		256	33		890	63		965
4		261	34		925	64		995
5		266	35		960	65		9.025
6		274	36		996	66		053
7		282	37		8.032	67		080
8		292	38		069	68		106
9		303	39		105	69		132
10		315	40		142	70		157
11		328	41		180	71		181
12		343	42		217	72		203
13		359	43		254	73		225
14		376	44		292	74		246
15		395	45		330	75		265
16		414	46		367	76		283
17		435	47		405	77		300
18		456	48		443	78		316
19		479	49		480	79		331
20		503	50		517	80		345
21		527	51		554	81		357
22		553	52		591	82		368
23		580	53		627	83		378
24		607	54		663	84		386
25		636	55		699	85		393
26		665	56		734	86		399
27		695	57		769	87		404
28		726	58		803	88		407
29		758	59		837	89		409
30		790	60		870	90		410





## LIBRO IX.

## De la Navegacion sobre la Elipsoide.

## CAPITULO I.

*Correccion , que se debe hacer à la Navegacion , y à la Tabla de partes Meridionales.*



A vimos en el Libro antecedente , como la Tierra es una Elipsoide Lata , cuya razon de Diametros es la de 266 à 265 ; ahora pues es muy conducente , y aun necessario manifestar à los Marineros, como no es lo proprio navegar sobre ella, que sobre una perfecta Esphera , cuya figura se le ha atribuido hasta el presente à la Tierra; y asimismo dár el methodo de practicarlo , en la que ultimamente hemos resuelto ; y para ello escusarémos quanto fuere dable los terminos geomètricos , los quales no sirvieran sino de confundir à los Marineros , y meramente practicos.

*a Lam. 7.*

La figura de la Tierra Lata , y semejante à la 14<sup>a</sup> , la concluimos en el Libro VII, debaxo del principio de ser los grados del Meridiano mayores , al passo que se apartan del Equador ; pues tal se ha visto , y encontrado por todas las medidas modernas , hechas con todo el cuydado, y aplicacion , que hemos visto : y de la misma figura se deduxo , que los grados del Equador son mayores , que sus contiguos de Meridiano : luego si el Piloto navega , deba-



xo del supuesto de que son iguales, no puede dexar de encontrar yerro en sus operaciones. Si le dà à la corredera la distancia entre nudo, y nudo correspondiente al grado mayor de la Tierra 57443 toefas, que es el del Polo, en navegando Norte Sur en las cercanias del Equador, es preciso que encuentre las distancias menores de lo que hace su computo; y al contrario, si le dà à la corredera la distancia entre nudo, y nudo correspondiente al menor grado 56800 toefas, que es el contiguo à el Equador.

Procediendo toda la alteracion, que nos dà esta nueva resolucion, solo de la desigualdad de los grados, la mayor diferencia en la navegacion consistirà, segun lo dicho, en 643 toefas, que el grado del Meridiano en el Polo tiene demàs, que el contiguo à el Equador; diferencia, que ciertamente despreciaràn la mayor parte de Pilotos, pues de ordinario estàn hechos en su practica, à hacer poco caso de cantidades mayores; pero esto, bien lexos de hacerlos dignos de elogio, merece la mayor reprehension, si se mira el peligro, que de ordinario nos manifiesta, y en que muchas veces nos hace caer el Mar.

No fuera yo sin embargo del parecer, que admitieran ninguna correccion corta, quando èsta les pidiera, que aumentassen su trabajo de forma, que les impidiesse su primera atencion, y cuidado, que es el del Timòn; pero quando en esto no se dà alteracion alguna, y el Piloto concluirà su derrota en el mismo tiempo en que antes lo hacia, no encuentro motivo para que abandonen lo demostrado por seguir su antigua, y errada idèa.

No recayendo la correccion, que pretendèmos hacer, como hemos dicho, mas que sobre la medida de los grados, no tienen que alterarse los fundamentos de la nave-

ga-



gacion ; y sobre ellos podrá el Piloto hacer sus operaciones en adelante , de igual forma , que antes , con solo atender à esta desigualdad , y alterar la magnitud de los grados en la Carta Esférica , y Tabla de partes Meridionales , que son las unicas guias por las quales se lleva exactamente un diario en la navegacion. Debemos su invencion à *M. Eduardo Wright* , quien por ella representò con toda justificacion la Esphera en plano : consiste en establecer los Meridianos paralelos los unos à los otros , y por consiguiente todos los grados de Longitud iguales ; y como la propiedad de las lineas de Rumbos sea la de formar iguales angulos con todos los Meridianos , estas lineas que en la Esphera son Espirales , vienen en la proyeccion rectas ; lo que facilita à los Pilotos , el modo de hallar , à què Rumbo quedan unos lugares de otros ; pero para conservar *M. Eduardo Wright* la razon , que tienen entre si los grados de Longitud con los de Latitud , aumentò èstos en la misma razon , que havia aumentado los de los paralelos : esto es , como los Senos de los complementos de Latitud son al Radio , ò como el Radio es à las Secantes de las Latitudes.

Los grados de los Meridianos en esta proyeccion sobre la Esphera , siendo mayores que los del Equador , contienen mayor numero de partes iguales , en que se dividen èstos , que son las que llamamos Meridionales. La cantidad de èstas , que encierra qualquier arco de Meridiano , *M. Eduardo Wright* la deduxo sumando todas las Secantes contenidas en el mismo arco ; y como cada parte la tomò por un minuto del Equador , se reduxo esto à sumar todas las Secantes de  $1'$  ,  $2'$  ,  $3'$  , &c minutos , que comprehendia el arco , con lo qual formò la Tabla , que hasta hoy lla-



mamos de partes Meridionales, que es la que se usa con gran propiedad en la practica de la navegacion, por los Pilotos peritos, y zelosos. El methodo de formar esta Tabla se ha hecho despues de la invencion de los infinitos, sumamente facil, y exacta, y por ellos se evita el molesto trabajo, que tendria en construirla su primer Author; sobre lo qual no nos detendremos, estando explicado por varios Estrangeros, y no siendo de nuestro assunto.

La misma proyeccion pues, que *M. Wright* le diò à la Esphera, podemos darle nosotros à la Elipsoide; porque aunque en esta no sean los grados de Meridiano iguales, no quita para que los aumentemos en la misma razon, que tiene el Radio con las Secantes de las Latitudes, dexando tambien los Meridianos, paralelos, y los grados de Longitud todos iguales al del Equador, que yà establecimos de  $57228\frac{1}{2}$  toesas.

Esta operacion se vè yà practicada por *M. Murdoch* en un Tomo, que diò à luz intitulado *Nuevas Tablas Loxodromicas*, en el qual no solo dà el methodo de construir la Tabla de partes Meridionales de la Elipsoide por medio de las Séries infinitas, sino tambien una Tabla yà construida de las mismas partes para cada grado; y aunque debemos apreciar su Obra, sin embargo, no la dà con la extension, que necesita la navegacion, y ademàs la Elipticidad, que supuso en la Elipsoide, es mayor, que la que verdaderamente tiene la Tierra. El methodo, que dà el mismo Author, para la construccion de las Tablas, es ciertamente muy geometrico; pero sin embargo, confiesa en la pagina 104 de la traduccion Francesa, que la solucion que diò *M. Mac-Laurin* al Problema, es mucho mas elegante, y facil. Este Geometra la dà en su tratado de *Fluxiones*,  
def-



desde el Parrafo 895 hasta el 899, donde lo puede ver el curioso, pues aqui bastará decir, que consiste, en que suponiendo

$V$  = al Seno del arco de quien se buscan las partes Meridionales en la Elipsoide

$T$  = à la Tangente de la mitad del complemento del mismo arco

$b$  = à el Radio del Equador

$a$  = à el Semi-Exe

$c$  =  $(b^2 - a^2)^{\frac{1}{2}}$

$u$  =  $\frac{c}{b} V$  = à el Seno de otro arco

$t$  = à la Tangente de la mitad del complemento del arco antecedente

el Logarithmo Hyperbolico de  $\frac{b}{T}$  seràn las partes Meridionales del arco, cuyo Seno es  $V$  en la Esphera; y el Logarithmo Hyperbolico de  $\frac{b}{T}$ , menos el Logarithmo Hyperbolico de  $\frac{b}{t}$ , multiplicado por  $\frac{c}{b}$ , seràn las partes Meridionales del arco, cuyo Seno es  $V$  en la Elipsoide; de donde concluye un methodo facil, de deducir las partes Meridionales de la Elipsoide, por las yà construidas de la Esphera; porque el Logarithmo Hyperbolico de  $\frac{b}{t}$  son las partes Meridionales en la Esphera del arco, cuyo Seno es  $u$ ; con que multiplicando éstas por  $\frac{c}{b}$ , y subtrayendo el producto de las partes Meridionales en la Esphera, cuyo Seno es  $V$ , el residuo seràn las partes en la Elipsoide, cuyo Seno es tambien  $V$ .  
Con



Con esta guia podemos calcular nueva Tabla de partes Meridionales , que servirá para hallar la Longitud sobre la Elipsoide ; de la qual se pueden servir como de ordinario los Pilotos , sin que se les siga por ello mayor trabajo , y consiguiendo sin embargo mayor exactitud. Para ello , no tenemos mas , que deducir del Libro antecedente los valores , que les corresponden à las Letras de *M. de Mac-Laurin*  $b$  , y  $c$  ; pero si se procede con atencion , se verá , que no es necesario mas , que hallar la razon en que están estas Letras , para concluir el valor de  $u$  , que es lo que se necesita.

$$\begin{aligned} \text{Establecimos} \quad a &= 265 \\ b &= 266 \end{aligned}$$

luego  $c = (b^2 - a^2)^{\frac{1}{2}} = 23.04+$ . Es pues  $b$  à  $c$ , como 266 à 23.04+ ; ò como 11.54+ , à 1. Con esto calcularemos las partes Meridionales de los arcos de  $60^\circ$  , y  $70^\circ$  , que servirá de exemplo , para concebir mejor el methodo de construir toda la Tabla.

Del Logarithmo de  $60^\circ$  9.93753,06317

subtraigase el Logarithmo de 11.54+ 1.06233,43761

y quedará el Logarithmo del Seno de  $u$  8.87519,62576

Las partes Meridionales del arco , cuyo Seno es  $u$  , son 258.4095 , y su Logarithmo

2.41230,84738

del qual se subtrae el Logarit.de 11.54

1.09233,43761

quedará el Logarithmo de 22.3858

1.34997,40977



De las partes Merid. en la Esph. del arco  $60^{\circ}$  4527.3677  
 substraiganse 22.3858

y quedaràn las partes Meridionales en la  
 Elipsoide del arco  $60^{\circ}$  4504.9819

Del Logarithmo de  $70^{\circ}$  9.97298,58164

substraiganse el Logarithmo de 11.54 1.06233,43761

y quedará el Logarithmo del Seno de  $u$  8.91065,14403

Las partes Meridionales del arco, cuyo

Seno es  $u$ , son 280.4772, y su Logarith. 2.44789,75583

del qual si se subtrae el Log. de 11.54 1.06233,43761

quedarà el Logarithmo de 24.2976 1.38556,31822

De las partes Meridionales en la Esphera  
 del arco  $70^{\circ}$

substraiganse 5965.9179

y quedaràn las partes Meridionales en la

Elipsoide del arco  $70^{\circ}$  24.2976

5941.6203

Con igual proceder se ha construido la Tabla siguiente,  
 que servirá para el uso práctico.



NUEVA  
T A B L A  
D E  
PARTES MERIDIONALES  
PARA LA ELIPSOIDE,  
Cuya razon de Diametros es la de  
266 à 265.



# 356 NUEVA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	0°	1°	2°	3°	4°	5°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	00001.0	60.5	120.1	179.7	239.4	299.1
2	2.0	61.5	121.1	180.7	240.4	300.1
3	3.0	62.5	122.1	181.7	241.4	301.1
4	4.0	63.5	123.1	182.7	242.4	302.1
5	5.0	64.5	124.1	183.7	243.4	303.1
6	6.0	65.5	125.1	184.7	244.4	304.1
7	6.9	66.5	126.1	185.7	245.4	305.1
8	7.9	67.5	127.1	186.7	246.4	306.1
9	8.9	68.5	128.1	187.7	247.4	307.1
10	9.9	69.5	129.1	188.7	248.3	308.1
11	10.9	70.5	130.0	189.7	249.3	309.1
12	11.9	71.5	131.0	190.7	250.3	310.1
13	12.9	72.5	132.0	191.7	251.3	311.1
14	13.9	73.5	133.0	192.6	252.3	312.1
15	14.9	74.4	134.0	193.6	253.3	313.1
16	15.9	75.4	135.0	194.6	254.3	314.1
17	16.9	76.4	136.0	195.6	255.3	315.1
18	17.9	77.4	137.0	196.6	256.3	316.1
19	18.9	78.4	138.0	197.6	257.3	317.1
20	19.8	79.4	139.0	198.6	258.3	318.1
21	20.8	80.4	140.0	199.6	259.3	319.1
22	21.8	81.4	141.0	200.6	260.3	320.1
23	22.8	82.4	142.0	201.6	261.3	321.1
24	23.8	83.4	143.0	202.6	262.3	322.1
25	24.8	84.4	144.0	203.6	263.3	323.1
26	25.8	85.4	144.9	204.6	264.3	324.0
27	26.8	86.3	145.9	205.6	265.3	325.0
28	27.8	87.3	146.9	206.6	266.3	326.0
29	28.8	88.3	147.9	207.6	267.3	327.0
30	29.8	89.3	148.9	208.6	268.3	328.0



Minutos.	0°	1°	2°	3°	4°	5°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	30.8	90.3	149.9	209.6	269.2	329.0
32	31.8	91.3	150.9	210.5	270.2	330.0
33	32.8	92.3	151.9	211.5	271.2	331.0
34	33.7	93.3	152.9	212.5	272.2	332.0
35	34.7	94.3	153.9	213.5	273.2	333.0
36	35.7	95.3	154.9	214.5	274.2	334.0
37	36.7	96.3	155.9	215.5	275.2	335.0
38	37.7	97.3	156.9	216.5	276.2	336.0
39	38.7	98.3	157.9	217.5	277.2	337.0
40	39.7	99.3	158.9	218.5	278.2	338.0
41	40.7	100.3	159.9	219.5	279.2	339.0
42	41.7	101.2	160.8	220.5	280.2	340.0
43	42.7	102.2	161.8	221.5	281.2	341.0
44	43.7	103.2	162.8	222.5	282.2	342.0
45	44.7	104.2	163.8	223.5	283.2	343.0
46	45.7	105.2	164.8	224.5	284.2	344.0
47	46.6	106.2	165.8	225.5	285.2	345.0
48	47.6	107.2	166.8	226.5	286.2	346.0
49	48.6	108.2	167.8	227.5	287.2	347.0
50	49.6	109.2	168.8	228.4	288.2	348.0
51	50.6	110.2	169.8	229.4	289.2	349.0
52	51.6	111.2	170.8	230.4	290.2	350.0
53	52.6	112.2	171.8	231.4	291.2	351.0
54	53.6	113.2	172.8	232.4	292.2	352.0
55	54.6	114.2	173.8	233.4	293.2	353.0
56	55.6	115.2	174.8	234.4	294.1	354.0
57	56.6	116.1	175.8	235.4	295.1	355.0
58	57.6	117.1	176.7	236.4	296.1	356.0
59	58.6	118.1	177.7	237.4	297.1	357.0
60	59.6	119.1	178.7	238.4	298.1	358.0



# 358 NUEVA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	6°	7°	8°	9°	10°	11°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	359.0	418.9	479.0	539.2	599.6	660.2
2	360.0	419.9	480.0	540.2	600.6	661.2
3	361.0	420.9	481.0	541.2	601.6	662.2
4	362.0	421.9	482.0	542.2	602.6	663.2
5	363.0	422.9	483.0	543.2	603.6	664.2
6	363.9	423.9	484.0	544.2	604.6	665.2
7	364.9	424.9	485.0	545.2	605.6	666.2
8	365.9	425.9	486.0	546.2	606.6	667.3
9	366.9	426.9	487.0	547.2	607.7	668.3
10	367.9	427.9	488.0	548.2	608.7	669.3
11	368.9	428.9	489.0	549.2	609.7	670.3
12	369.9	429.9	490.0	550.2	610.7	671.3
13	370.9	430.9	491.0	551.3	611.7	672.3
14	371.9	431.9	492.0	552.3	612.7	673.3
15	372.9	432.9	493.0	553.3	613.7	674.3
16	373.9	433.9	494.0	554.3	614.7	675.4
17	374.9	434.9	495.0	555.3	615.7	676.4
18	375.9	435.9	496.0	556.3	616.7	677.4
19	376.9	436.9	497.0	557.3	617.7	678.4
20	377.9	437.9	498.0	558.3	618.8	679.4
21	378.9	438.9	499.0	559.3	619.8	680.4
22	379.9	439.9	500.0	560.3	620.8	681.4
23	380.9	440.9	501.0	561.3	621.8	682.4
24	381.9	441.9	502.0	562.3	622.8	683.5
25	382.9	442.9	503.0	563.3	623.8	684.5
26	383.9	443.9	504.0	564.3	624.8	685.5
27	384.9	444.9	505.0	565.3	625.8	686.5
28	385.9	445.9	506.1	566.3	626.8	687.5
29	386.9	446.9	507.1	567.4	627.8	688.5
30	387.9	447.9	508.1	568.4	628.8	689.5



Minutos.	6°	7°	8°	9°	10°	11°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	388.9	448.9	509.1	569.4	629.9	690.5
32	389.9	449.9	510.1	570.4	630.9	691.6
33	390.9	450.9	511.1	571.4	631.9	692.6
34	391.9	451.9	512.1	572.4	632.9	693.6
35	392.2	452.9	513.1	573.4	633.9	694.6
36	393.9	453.9	514.1	574.4	634.9	695.6
37	394.9	454.9	515.1	575.4	635.9	696.6
38	395.9	455.9	516.1	576.4	636.9	697.6
39	396.9	456.9	517.1	577.4	637.9	698.7
40	397.9	457.9	518.1	578.4	638.9	699.7
41	398.9	458.9	519.1	579.4	640.0	700.7
42	399.9	459.9	520.1	580.4	641.0	701.7
43	400.9	460.9	521.1	581.4	642.0	702.7
44	401.9	461.9	522.1	582.5	643.0	703.7
45	402.9	462.9	523.1	583.5	644.0	704.7
46	403.9	463.9	524.1	584.5	645.0	705.8
47	404.9	464.9	525.1	585.5	646.0	706.8
48	405.9	465.9	526.1	586.5	647.0	707.8
49	406.9	466.9	527.1	587.5	648.0	708.8
50	407.9	468.0	528.1	588.5	649.1	709.8
51	408.9	469.0	529.2	589.5	650.1	710.8
52	409.9	470.0	530.2	590.5	651.1	711.8
53	410.9	471.0	531.2	591.5	652.1	712.8
54	411.9	472.0	532.2	592.5	653.1	713.9
55	412.9	473.0	533.2	593.5	654.1	714.9
56	413.9	474.0	534.2	594.6	655.1	715.9
57	414.9	475.0	535.2	595.6	656.1	716.9
58	415.9	476.0	536.2	596.6	657.1	717.9
59	416.9	477.0	537.2	597.6	658.2	718.9
60	417.9	478.0	538.2	598.6	659.2	720.0



# 360 NUESTRA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	12°	13°	14°	15°	16°	17°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	721.0	782.0	843.3	904.8	966.6	1028.8
2	722.0	783.0	844.3	905.8	967.7	1029.8
3	723.0	784.0	845.3	906.9	968.7	1030.9
4	724.0	785.0	846.3	907.9	969.7	1031.9
5	725.0	786.1	847.4	908.9	970.8	1033.0
6	726.0	787.1	848.4	910.0	971.8	1034.0
7	727.1	788.1	849.4	911.0	972.8	1035.0
8	728.1	789.1	850.4	912.0	973.9	1036.1
9	729.1	790.1	851.4	913.0	974.9	1037.1
10	730.1	791.2	852.5	914.1	975.9	1038.1
11	731.1	792.2	853.5	915.1	977.0	1039.2
12	732.1	793.2	854.5	916.1	978.0	1040.2
13	733.2	794.2	855.5	917.2	979.0	1041.3
14	734.2	795.2	856.6	918.2	980.1	1042.3
15	735.2	796.3	857.6	919.2	981.1	1043.3
16	736.2	797.3	858.6	920.2	982.2	1044.4
17	737.2	798.3	859.6	921.3	983.2	1045.4
18	738.2	799.3	860.7	922.3	984.2	1046.5
19	739.3	800.3	861.7	923.3	985.3	1047.5
20	740.3	801.4	862.7	924.4	986.3	1048.5
21	741.3	802.4	863.7	925.4	987.3	1049.6
22	742.3	803.4	864.8	926.4	988.4	1050.6
23	743.3	804.4	865.8	927.4	989.4	1051.7
24	744.3	805.5	866.8	928.5	990.4	1052.7
25	745.4	806.5	867.8	929.5	991.5	1053.8
26	746.4	807.5	868.9	930.5	992.5	1054.8
27	747.4	808.5	869.9	931.6	993.5	1055.8
28	748.4	809.5	870.9	932.6	994.6	1056.9
29	749.4	810.6	871.9	933.6	995.6	1057.9
30	750.4	811.6	873.0	934.7	996.6	1059.0



Minutos.	12°	13°	14°	15°	16°	17°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	751.5	812.6	874.0	935.7	997.7	1060.0
32	752.5	813.6	875.0	936.7	998.7	1061.0
33	753.5	814.6	876.1	937.8	999.8	1062.1
34	754.5	815.7	877.1	938.8	1000.8	1063.1
35	755.5	816.7	878.1	939.8	1001.8	1064.2
36	756.5	817.7	879.1	940.8	1002.9	1065.2
37	757.6	818.7	880.2	941.9	1003.9	1066.2
38	758.6	819.8	881.2	942.9	1004.9	1067.3
39	759.6	820.8	882.2	943.9	1006.0	1068.3
40	760.6	821.8	883.2	945.0	1007.0	1069.4
41	761.6	822.8	884.3	946.0	1008.0	1070.4
42	762.6	823.8	885.3	947.0	1009.1	1071.5
43	763.7	824.9	886.3	948.1	1010.1	1072.5
44	764.7	825.9	887.3	949.1	1011.2	1073.5
45	765.7	826.9	888.4	950.1	1012.2	1074.6
46	766.7	827.9	889.4	951.2	1013.2	1075.6
47	767.7	828.9	890.4	952.2	1014.3	1076.7
48	768.8	830.0	891.5	953.2	1015.3	1077.7
49	769.8	831.0	892.5	954.3	1016.3	1078.8
50	770.8	832.0	893.5	955.3	1017.4	1079.8
51	771.8	833.0	894.6	956.3	1018.4	1080.8
52	772.8	834.1	895.6	957.4	1019.5	1081.9
53	773.8	835.1	896.6	958.4	1020.5	1082.9
54	774.9	836.1	897.6	959.4	1021.5	1084.0
55	775.9	837.1	898.7	960.4	1022.6	1085.0
56	776.9	838.2	899.7	961.5	1023.6	1086.1
57	777.9	839.2	900.7	962.5	1024.6	1087.1
58	778.9	840.2	901.7	963.5	1025.7	1088.2
59	780.0	841.2	902.8	964.6	1026.7	1089.2
60	781.0	842.2	903.8	965.6	1027.8	1090.2



362 NUEVA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	18°	19°	20°	21°	22°	23°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	1091.3	1154.1	1217.4	1281.0	1345.1	1409.6
2	1092.3	1155.2	1218.4	1282.1	1346.2	1410.7
3	1093.4	1156.2	1219.5	1283.1	1347.2	1411.8
4	1094.4	1157.3	1220.5	1284.2	1348.3	1412.9
5	1095.5	1158.3	1221.6	1285.3	1349.4	1413.9
6	1096.5	1159.4	1222.7	1286.3	1350.4	1415.0
7	1097.6	1160.4	1223.7	1287.4	1351.5	1416.1
8	1098.6	1161.5	1224.8	1288.5	1352.6	1417.2
9	1099.6	1162.5	1225.8	1289.5	1353.7	1418.3
10	1100.7	1163.6	1226.9	1290.6	1354.7	1419.3
11	1101.7	1164.6	1227.9	1291.7	1355.8	1420.4
12	1102.8	1165.7	1229.0	1292.7	1356.9	1421.5
13	1103.8	1166.8	1230.1	1293.8	1358.0	1422.6
14	1104.9	1167.8	1231.1	1294.9	1359.0	1423.7
15	1105.9	1168.9	1232.2	1295.9	1360.1	1424.7
16	1107.0	1169.9	1233.2	1297.0	1361.2	1425.8
17	1108.0	1171.0	1234.3	1298.1	1362.3	1426.9
18	1109.1	1172.0	1235.4	1299.1	1363.3	1428.0
19	1110.1	1173.1	1236.4	1300.2	1364.4	1429.1
20	1111.1	1174.1	1237.5	1301.3	1365.5	1430.1
21	1112.2	1175.2	1238.5	1302.3	1366.5	1431.2
22	1113.2	1176.2	1239.6	1303.4	1367.6	1432.3
23	1114.3	1177.3	1240.7	1304.5	1368.7	1433.4
24	1115.3	1178.3	1241.7	1305.5	1369.8	1434.5
25	1116.4	1179.4	1242.8	1306.6	1370.8	1435.6
26	1117.4	1180.4	1243.8	1307.7	1371.9	1436.6
27	1118.5	1181.5	1244.9	1308.7	1373.0	1437.7
28	1119.5	1182.5	1246.0	1309.8	1374.1	1438.8
29	1120.6	1183.6	1247.0	1310.9	1375.1	1439.9
30	1121.6	1184.6	1248.1	1311.9	1376.2	1441.0



Minutos.	18°	19°	20°	21°	22°	23°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	1122.7	1185.7	1249.1	1313.0	1377.3	1442.1
32	1123.7	1186.8	1250.2	1314.1	1378.4	1443.1
33	1124.8	1187.8	1251.3	1315.1	1379.4	1444.2
34	1125.8	1188.9	1252.3	1316.2	1380.5	1445.3
35	1126.9	1189.9	1253.4	1317.3	1381.6	1446.4
36	1127.9	1191.0	1254.4	1318.3	1382.7	1447.5
37	1128.9	1192.0	1255.5	1319.4	1383.7	1448.6
38	1130.0	1193.1	1256.6	1320.5	1384.8	1449.7
39	1131.0	1194.1	1257.6	1321.5	1385.9	1450.7
40	1132.1	1195.2	1258.7	1322.6	1387.0	1451.8
41	1133.1	1196.2	1259.7	1323.7	1388.1	1452.9
42	1134.2	1197.3	1260.8	1324.7	1389.1	1454.0
43	1135.2	1198.4	1261.9	1325.8	1390.2	1455.1
44	1136.3	1199.4	1262.9	1326.9	1391.3	1456.2
45	1137.3	1200.5	1264.0	1328.0	1392.4	1457.3
46	1138.4	1201.5	1265.1	1329.0	1393.4	1458.3
47	1139.4	1202.6	1266.1	1330.1	1394.5	1459.4
48	1140.5	1203.6	1267.2	1331.2	1395.6	1460.5
49	1141.5	1204.7	1268.2	1332.2	1396.7	1461.6
50	1142.6	1205.7	1269.3	1333.3	1397.7	1462.7
51	1143.6	1206.8	1270.4	1334.4	1398.8	1463.8
52	1144.7	1207.9	1271.4	1335.4	1399.9	1464.9
53	1145.7	1208.9	1272.5	1336.5	1401.0	1465.9
54	1146.8	1210.0	1273.6	1337.6	1402.1	1467.0
55	1147.8	1211.0	1274.6	1338.7	1403.1	1468.1
56	1148.9	1212.1	1275.7	1339.7	1404.2	1469.2
57	1149.9	1213.1	1276.8	1340.8	1405.3	1470.3
58	1151.6	1214.2	1277.8	1341.9	1406.4	1471.4
59	1152.0	1215.3	1278.9	1342.9	1407.4	1472.5
60	1153.1	1216.3	1279.0	1344.0	1408.5	1473.5



## 364 NUEVA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	24°	25°	26°	27°	28°	29°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	1474.6	1540.2	1606.3	1672.9	1740.2	1808.1
2	1475.7	1541.3	1607.4	1674.0	1741.3	1809.2
3	1476.8	1542.4	1608.5	1675.1	1742.4	1810.3
4	1477.9	1543.5	1609.6	1676.3	1743.5	1811.5
5	1479.0	1544.6	1610.7	1677.4	1744.7	1812.6
6	1480.1	1545.7	1611.8	1678.5	1745.8	1813.7
7	1481.2	1546.8	1612.9	1679.6	1746.9	1814.9
8	1482.3	1547.9	1614.0	1680.7	1748.1	1816.0
9	1483.3	1549.0	1615.1	1681.8	1749.2	1817.2
10	1484.4	1550.1	1616.2	1683.0	1750.3	1818.3
11	1485.5	1551.2	1617.3	1684.1	1751.4	1819.4
12	1486.6	1552.3	1618.4	1685.2	1752.6	1820.6
13	1487.7	1553.4	1619.5	1686.3	1753.7	1821.7
14	1488.8	1554.5	1620.7	1687.4	1754.8	1822.9
15	1489.9	1555.6	1621.8	1688.5	1756.0	1824.0
16	1491.0	1556.6	1622.9	1689.7	1757.1	1825.1
17	1492.1	1557.7	1624.0	1690.8	1758.2	1826.3
18	1493.2	1558.8	1625.1	1691.9	1759.3	1827.4
19	1494.2	1559.9	1626.2	1693.0	1760.5	1828.6
20	1495.3	1561.0	1627.3	1694.1	1761.6	1829.7
21	1496.4	1562.1	1628.4	1695.3	1762.7	1830.8
22	1497.5	1563.2	1629.5	1696.4	1763.9	1832.0
23	1498.6	1564.3	1630.6	1697.5	1765.0	1833.1
24	1499.7	1565.4	1631.7	1698.6	1766.1	1834.3
25	1500.8	1566.5	1632.8	1699.7	1767.2	1835.4
26	1501.9	1567.6	1634.0	1700.9	1768.4	1836.5
27	1503.0	1568.7	1635.1	1702.0	1769.5	1837.7
28	1504.1	1569.8	1636.2	1703.1	1770.6	1838.8
29	1505.2	1570.9	1637.3	1704.2	1771.8	1840.0
30	1506.2	1572.0	1638.4	1705.3	1772.9	1841.2



Minutos.	24°	25°	26°	27°	28°	29°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	1507.3	1573.2	1639.5	1706.5	1774.0	1842.3
32	1508.4	1574.3	1640.6	1707.6	1775.2	1843.4
33	1509.5	1575.4	1641.7	1708.7	1776.3	1844.6
34	1510.6	1576.5	1642.8	1709.8	1777.4	1845.7
35	1511.7	1577.6	1644.0	1710.9	1778.6	1846.9
36	1512.8	1578.7	1645.1	1712.1	1779.7	1848.0
37	1513.9	1579.8	1646.2	1713.2	1780.8	1849.1
38	1515.0	1580.9	1647.3	1714.3	1782.0	1850.3
39	1516.1	1582.0	1648.4	1715.4	1783.1	1851.4
40	1517.2	1583.1	1649.5	1716.6	1784.2	1852.5
41	1518.3	1584.2	1650.6	1717.7	1785.4	1853.7
42	1519.4	1585.3	1651.7	1718.8	1786.5	1854.8
43	1520.5	1586.4	1652.9	1719.9	1787.6	1856.0
44	1521.6	1587.5	1654.0	1721.0	1788.8	1857.1
45	1522.7	1588.6	1655.1	1722.2	1789.9	1858.3
46	1523.7	1589.7	1656.2	1723.3	1791.0	1859.4
47	1524.8	1590.8	1657.3	1724.4	1792.2	1860.6
48	1525.9	1591.9	1658.4	1725.5	1793.3	1861.7
49	1527.0	1593.0	1659.5	1726.7	1794.4	1862.8
50	1528.1	1594.1	1660.7	1727.8	1795.6	1864.0
51	1529.2	1595.2	1661.8	1728.9	1796.7	1865.1
52	1530.3	1596.3	1662.9	1730.0	1797.8	1866.3
53	1531.4	1597.4	1664.0	1731.2	1799.0	1867.4
54	1532.5	1598.5	1665.1	1732.3	1800.1	1868.6
55	1533.6	1599.6	1666.2	1733.4	1801.2	1869.7
56	1534.7	1600.7	1667.3	1734.5	1802.4	1870.9
57	1535.8	1601.8	1668.5	1735.7	1803.5	1872.0
58	1536.9	1602.9	1669.6	1736.8	1804.6	1873.2
59	1538.0	1604.0	1670.7	1737.9	1805.8	1874.3
60	1539.1	1605.2	1671.8	1739.0	1806.9	1875.5



# 366 NUEVA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	30°	31°	32°	33°	34°	35°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	1876.6	1945.9	2015.9	2086.6	2158.2	2230.7
2	1877.8	1947.0	2017.0	2087.8	2159.4	2231.9
3	1878.9	1948.1	2018.2	2089.0	2160.6	2233.1
4	1880.1	1949.3	2019.4	2090.2	2161.8	2234.3
5	1881.2	1950.5	2020.6	2091.4	2163.0	2235.5
6	1882.3	1951.7	2021.7	2092.6	2164.2	2236.8
7	1883.5	1952.8	2022.9	2093.8	2165.4	2238.0
8	1884.6	1954.0	2024.1	2095.0	2166.6	2239.2
9	1885.8	1955.2	2025.3	2096.1	2167.8	2240.4
10	1887.0	1956.3	2026.4	2097.3	2169.1	2241.6
11	1888.1	1957.5	2027.6	2098.5	2170.3	2242.8
12	1889.3	1958.7	2028.8	2099.7	2171.5	2244.1
13	1890.4	1959.8	2030.0	2100.9	2172.7	2245.3
14	1891.6	1961.0	2031.1	2102.1	2173.9	2246.5
15	1892.7	1962.1	2032.3	2103.3	2175.1	2247.7
16	1893.9	1963.3	2033.5	2104.5	2176.3	2248.9
17	1895.0	1964.5	2034.7	2105.7	2177.5	2250.2
18	1896.2	1965.6	2035.8	2106.9	2178.7	2251.4
19	1897.3	1966.8	2037.0	2108.0	2179.9	2252.6
20	1898.5	1968.0	2038.2	2109.2	2181.1	2253.8
21	1899.6	1969.1	2039.4	2110.4	2182.3	2255.0
22	1900.8	1970.3	2040.6	2111.6	2183.5	2256.3
23	1901.9	1971.5	2041.7	2112.8	2184.7	2257.5
24	1903.1	1972.6	2042.9	2114.0	2185.9	2258.7
25	1904.2	1973.8	2044.1	2115.2	2187.1	2259.9
26	1905.4	1974.9	2045.3	2116.4	2188.3	2261.1
27	1906.5	1976.1	2046.5	2117.6	2189.5	2262.4
28	1907.7	1977.3	2047.6	2118.8	2190.7	2263.6
29	1908.8	1978.4	2048.8	2120.0	2191.9	2264.8
30	1910.0	1979.6	2050.0	2121.1	2193.1	2266.0



PARA LA ELIPSOIDE.

367

Minutos.	30°	31°	32°	33°	34°	35°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	1911.1	1980.8	2051.2	2122.3	2194.4	2267.3
32	1912.3	1982.0	2052.4	2123.5	2195.6	2268.5
33	1913.5	1983.2	2053.5	2124.7	2196.8	2269.7
34	1914.6	1984.3	2054.7	2125.9	2198.0	2270.9
35	1915.8	1985.5	2055.9	2127.1	2199.2	2272.1
36	1916.9	1986.6	2057.1	2128.3	2200.4	2273.4
37	1918.1	1987.8	2058.3	2129.5	2201.6	2274.6
38	1919.2	1989.0	2059.4	2130.7	2202.8	2275.8
39	1920.4	1990.1	2060.6	2131.9	2204.0	2277.0
40	1921.6	1991.3	2061.8	2133.1	2205.2	2278.3
41	1922.7	1992.5	2063.0	2134.3	2206.4	2279.5
42	1923.9	1993.6	2064.2	2135.5	2207.6	2280.7
43	1925.0	1994.8	2065.3	2136.7	2208.9	2281.9
44	1926.2	1996.0	2066.5	2137.9	2210.1	2283.2
45	1927.3	1997.1	2067.7	2139.1	2211.3	2284.4
46	1928.5	1998.3	2068.9	2140.3	2212.5	2285.6
47	1929.6	1999.5	2070.1	2141.5	2213.7	2286.8
48	1930.8	2000.6	2071.2	2142.7	2214.9	2288.1
49	1932.0	2001.8	2072.4	2143.9	2216.1	2289.3
50	1933.1	2003.0	2073.6	2145.1	2217.3	2290.5
51	1934.3	2004.2	2074.8	2146.2	2218.5	2291.7
52	1935.4	2005.3	2076.0	2147.4	2219.8	2293.0
53	1936.6	2006.5	2077.2	2148.6	2221.0	2294.2
54	1937.8	2007.7	2078.4	2149.8	2222.2	2295.4
55	1938.9	2008.8	2079.5	2151.0	2223.4	2296.7
56	1940.1	2010.0	2080.7	2152.2	2224.6	2297.9
57	1941.2	2011.2	2081.9	2153.4	2225.8	2299.1
58	1942.4	2012.4	2083.1	2154.6	2227.0	2300.3
59	1943.6	2013.5	2084.3	2155.8	2228.3	2301.5
60	1944.7	2014.7	2085.5	2157.0	2229.5	2302.8



# 368 NUESTRA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	36°	37°	38°	39°	40°	41°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	2304.0	2378.3	2453.6	2529.9	2607.4	2686.0
2	2305.3	2379.6	2454.9	2531.2	2608.7	2687.3
3	2306.5	2380.8	2456.2	2532.5	2610.0	2688.6
4	2307.7	2382.1	2457.4	2533.8	2611.3	2689.9
5	2309.0	2383.3	2458.7	2535.1	2612.6	2691.3
6	2310.2	2384.6	2460.0	2536.4	2613.9	2692.6
7	2311.4	2385.8	2461.1	2537.7	2615.2	2693.9
8	2312.7	2387.1	2462.5	2538.9	2616.5	2695.2
9	2313.9	2388.3	2463.8	2540.2	2617.8	2696.5
10	2315.1	2389.6	2465.0	2541.5	2619.1	2697.9
11	2316.4	2390.8	2466.3	2542.8	2620.4	2699.2
12	2317.6	2392.1	2467.6	2544.1	2621.7	2700.5
13	2318.8	2393.3	2468.8	2545.4	2623.0	2701.8
14	2320.1	2394.6	2470.1	2546.6	2624.3	2703.2
15	2321.3	2395.8	2471.4	2547.9	2625.6	2704.5
16	2322.5	2397.1	2472.6	2549.2	2626.9	2705.8
17	2323.8	2398.3	2473.9	2550.5	2628.2	2707.1
18	2325.0	2399.6	2475.2	2551.8	2629.5	2708.5
19	2326.2	2400.8	2476.4	2553.1	2630.8	2709.8
20	2327.5	2402.1	2477.7	2554.4	2632.1	2711.1
21	2328.7	2403.3	2479.0	2555.6	2633.4	2712.4
22	2329.9	2404.6	2480.2	2556.9	2634.8	2713.8
23	2331.2	2405.8	2481.5	2558.2	2636.1	2715.1
24	2332.4	2407.1	2482.8	2559.5	2637.4	2716.4
25	2333.6	2408.3	2484.0	2560.8	2638.7	2717.7
26	2334.9	2409.6	2485.3	2562.1	2640.0	2719.1
27	2336.1	2410.8	2486.6	2563.4	2641.3	2720.4
28	2337.3	2412.1	2487.9	2564.7	2642.6	2721.7
29	2338.6	2413.3	2489.1	2566.0	2643.9	2723.1
30	2339.8	2414.6	2490.4	2567.2	2645.2	2724.4



Minutos.	36°	37°	38°	39°	40°	41°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	2341.0	2415.9	2491.7	2568.5	2646.5	2725.7
32	2342.3	2417.1	2492.9	2569.8	2647.8	2727.1
33	2343.5	2418.4	2494.2	2571.1	2649.1	2728.4
34	2344.7	2419.6	2495.5	2572.4	2650.5	2729.7
35	2346.0	2420.9	2496.8	2573.7	2651.8	2731.1
36	2347.2	2422.1	2498.0	2575.0	2653.1	2732.4
37	2348.4	2423.4	2499.3	2576.3	2654.4	2733.7
38	2349.7	2424.7	2500.6	2577.6	2655.7	2735.1
39	2350.9	2425.9	2501.8	2578.9	2657.0	2736.4
40	2352.2	2427.2	2503.1	2580.2	2658.3	2737.7
41	2353.5	2428.4	2504.4	2581.4	2659.6	2739.0
42	2354.7	2429.7	2505.7	2582.7	2660.9	2740.4
43	2356.0	2430.9	2507.0	2583.0	2662.3	2741.7
44	2357.2	2432.2	2508.2	2585.3	2663.6	2743.0
45	2358.4	2433.5	2509.5	2586.6	2664.9	2744.4
46	2359.7	2434.7	2510.8	2587.9	2666.2	2745.7
47	2360.9	2436.0	2512.1	2589.2	2667.5	2747.0
48	2362.2	2437.2	2513.3	2590.5	2668.9	2748.4
49	2363.4	2438.5	2514.7	2591.8	2670.2	2749.7
50	2364.6	2439.8	2515.9	2593.1	2671.5	2751.0
51	2365.9	2441.0	2517.2	2594.4	2672.8	2752.4
52	2367.1	2442.3	2518.4	2595.7	2674.1	2753.7
53	2368.4	2443.5	2519.7	2597.0	2675.4	2755.0
54	2369.6	2444.8	2521.0	2598.3	2676.7	2756.4
55	2370.9	2446.1	2522.3	2599.6	2678.1	2757.7
56	2372.1	2447.3	2523.6	2600.9	2679.4	2759.1
57	2373.3	2448.6	2524.9	2602.2	2680.7	2760.4
58	2374.6	2449.8	2526.2	2603.5	2682.0	2761.7
59	2375.8	2451.1	2527.4	2604.8	2683.3	2763.1
60	2377.1	2452.4	2528.7	2606.1	2684.6	2764.4



# 370 NUEVA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	42°	43°	44°	45°	46°	47°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	2765.8	2846.8	2929.3	3013.1	3098.4	3185.3
2	2767.1	2848.2	2930.6	3014.5	3099.8	3186.7
3	2768.4	2849.6	2932.0	3015.9	3101.3	3188.2
4	2769.8	2850.9	2933.4	3017.3	3102.7	3189.7
5	2771.1	2852.3	2934.8	3018.7	3104.1	3191.1
6	2772.4	2853.7	2936.2	3020.1	3105.6	3192.6
7	2773.8	2855.0	2937.6	3021.5	3107.0	3194.1
8	2775.1	2856.4	2939.0	3023.0	3108.5	3195.5
9	2776.5	2857.8	2940.3	3024.4	3109.9	3197.0
10	2777.8	2859.1	2941.7	3025.8	3111.3	3198.4
11	2779.2	2860.5	2943.1	3027.2	3112.8	3199.9
12	2780.5	2861.8	2944.5	3028.6	3114.2	3201.4
13	2781.9	2863.2	2945.9	3030.0	3115.6	3202.9
14	2783.2	2864.6	2947.3	3031.4	3117.1	3204.3
15	2784.6	2866.0	2948.7	3032.9	3118.5	3205.8
16	2785.9	2867.3	2950.1	3034.3	3120.0	3207.3
17	2787.3	2868.7	2951.4	3035.7	3121.4	3208.7
18	2788.6	2870.1	2952.8	3037.1	3122.8	3210.2
19	2790.0	2871.4	2954.2	3038.5	3124.3	3211.7
20	2791.3	2872.8	2955.6	3039.9	3125.7	3213.1
21	2792.7	2874.2	2957.0	3041.3	3127.2	3214.6
22	2794.0	2875.5	2958.4	3042.8	3128.6	3216.1
23	2795.4	2876.9	2959.8	3044.2	3130.1	3217.5
24	2796.7	2878.3	2961.2	3045.6	3131.5	3219.0
25	2798.1	2879.6	2962.6	3047.0	3133.0	3220.5
26	2799.4	2881.0	2964.0	3048.4	3134.4	3222.0
27	2800.8	2882.4	2965.4	3049.9	3135.8	3223.4
28	2802.1	2883.8	2966.8	3051.3	3137.3	3224.9
29	2803.5	2885.1	2968.2	3052.7	3138.7	3226.4
30	2804.8	2886.5	2969.6	3054.1	3140.2	3227.9



PARA LA ELIPSOIDE.

371

Minutos.	42°	43°	44°	45°	46°	47°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	2806.2	2887.9	2971.0	3055.5	3141.6	3229.3
32	2807.5	2889.2	2972.4	3057.0	3143.1	3230.8
33	2808.9	2890.6	2973.8	3058.4	3144.5	3232.3
34	2810.2	2892.0	2975.2	3059.8	3146.0	3233.8
35	2811.6	2893.4	2976.6	3061.2	3147.4	3235.2
36	2812.9	2894.7	2978.0	3062.7	3148.9	3236.7
37	2814.3	2896.1	2979.4	3064.1	3150.3	3238.2
38	2815.6	2897.5	2980.8	3065.5	3151.8	3239.7
39	2817.0	2898.9	2982.2	3066.9	3153.2	3241.2
40	2818.3	2900.3	2983.6	3068.4	3154.7	3242.6
41	2819.7	2901.6	2985.0	3069.8	3156.1	3244.1
42	2821.0	2903.0	2986.4	3071.2	3157.6	3245.6
43	2822.3	2904.4	2987.8	3072.6	3159.1	3247.1
44	2823.7	2905.8	2989.2	3074.1	3160.5	3248.6
45	2825.0	2907.1	2990.6	3075.5	3162.0	3250.0
46	2826.4	2908.5	2992.0	3076.9	3163.4	3251.5
47	2827.7	2909.9	2993.4	3078.4	3164.9	3253.0
48	2829.1	2911.3	2994.8	3079.8	3166.3	3254.5
49	2830.5	2912.7	2996.2	3081.2	3167.8	3256.0
50	2831.9	2914.0	2997.6	3082.6	3169.2	3257.5
51	2833.2	2915.4	2999.0	3084.1	3170.7	3258.9
52	2834.6	2916.8	3000.4	3085.5	3172.1	3260.4
53	2836.0	2918.2	3001.8	3086.9	3173.6	3261.9
54	2837.3	2919.6	3003.2	3088.4	3175.1	3263.4
55	2838.7	2921.0	3004.6	3089.8	3176.5	3264.9
56	2840.0	2922.3	3006.0	3091.2	3178.0	3266.4
57	2841.4	2923.7	3007.5	3092.7	3179.4	3267.9
58	2842.8	2925.1	3008.9	3094.1	3180.9	3269.4
59	2844.1	2926.5	3010.3	3095.5	3182.4	3270.8
60	2845.5	2927.9	3011.7	3097.0	3183.8	3272.3



372 NUEVA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	48°	49°	50°	51°	52°	53°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	3273.8	3364.1	3456.2	3550.3	3646.4	3744.8
2	3275.3	3365.6	3457.8	3551.9	3648.1	3746.4
3	3276.8	3367.1	3459.3	3553.5	3649.7	3748.1
4	3278.3	3368.7	3460.9	3555.1	3651.3	3749.8
5	3279.8	3370.2	3462.4	3556.7	3652.9	3751.4
6	3281.3	3371.7	3464.0	3558.2	3654.6	3753.1
7	3282.8	3373.2	3465.5	3559.8	3656.2	3754.7
8	3284.3	3374.8	3467.1	3561.4	3657.8	3756.4
9	3285.7	3376.3	3468.7	3563.0	3659.4	3758.1
10	3287.2	3377.8	3470.2	3564.6	3661.1	3759.7
11	3288.7	3379.3	3471.8	3566.2	3662.7	3761.4
12	3290.2	3380.8	3473.3	3567.8	3664.3	3763.1
13	3291.7	3382.4	3474.9	3569.4	3665.9	3764.7
14	3293.2	3383.9	3476.4	3571.0	3667.6	3766.4
15	3294.7	3385.4	3478.0	3572.6	3669.2	3768.1
16	3296.2	3387.0	3479.6	3574.1	3670.8	3769.7
17	3297.7	3388.5	3481.1	3575.7	3672.5	3771.4
18	3299.2	3390.0	3482.7	3577.3	3674.1	3773.1
19	3300.7	3391.5	3484.2	3578.9	3675.7	3774.7
20	3302.2	3393.1	3485.8	3580.5	3677.3	3776.4
21	3303.7	3394.6	3487.4	3582.1	3679.0	3778.1
22	3305.2	3396.1	3488.9	3583.7	3680.6	3779.7
23	3306.7	3397.7	3490.5	3585.3	3682.2	3781.4
24	3308.2	3399.2	3492.1	3586.9	3683.9	3783.1
25	3309.7	3400.7	3493.6	3588.5	3685.5	3784.8
26	3311.2	3402.3	3495.2	3590.1	3687.2	3786.4
27	3312.7	3403.8	3496.8	3591.7	3688.8	3788.1
28	3314.2	3405.3	3498.3	3593.3	3690.4	3789.8
29	3315.7	3406.8	3499.9	3594.9	3692.1	3791.5
30	3317.2	3408.4	3501.4	3596.5	3693.7	3793.1



PARA LA ELIPSOIDE.

373

Minutos.	48°	49°	50°	51°	52°	53°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	3318.7	3409.9	3503.0	3598.1	3695.3	3794.8
32	3320.2	3411.5	3504.6	3599.7	3697.0	3796.5
33	3321.7	3413.0	3506.2	3601.3	3698.6	3798.2
34	3323.3	3414.5	3507.7	3602.9	3700.3	3799.8
35	3324.8	3416.0	3509.3	3604.5	3701.9	3801.5
36	3326.3	3417.6	3510.9	3606.1	3703.5	3803.2
37	3327.8	3419.1	3512.4	3607.7	3705.2	3804.9
38	3329.3	3420.7	3514.0	3609.3	3706.8	3806.6
39	3330.8	3422.2	3515.6	3611.0	3708.5	3808.2
40	3332.3	3423.7	3517.1	3612.6	3710.1	3809.9
41	3333.8	3425.3	3518.7	3614.2	3711.7	3811.6
42	3335.3	3426.8	3520.3	3615.8	3713.4	3813.3
43	3336.8	3428.4	3521.9	3617.4	3715.0	3815.0
44	3338.3	3429.9	3523.5	3619.0	3716.7	3816.7
45	3339.9	3431.5	3525.0	3620.6	3718.3	3818.3
46	3341.4	3433.0	3526.6	3622.2	3720.0	3820.0
47	3342.9	3434.6	3528.2	3623.8	3721.6	3821.7
48	3344.4	3436.1	3529.8	3625.4	3723.3	3823.4
49	3345.9	3437.6	3531.3	3627.1	3724.9	3825.1
50	3347.4	3439.2	3532.9	3628.7	3726.6	3826.8
51	3348.9	3440.7	3534.5	3630.3	3728.2	3828.5
52	3350.4	3442.3	3536.1	3631.9	3729.9	3830.2
53	3352.0	3443.8	3537.6	3633.5	3731.5	3831.9
54	3353.5	3445.4	3539.2	3635.1	3733.2	3833.6
55	3355.0	3446.9	3540.8	3636.7	3734.8	3835.3
56	3356.5	3448.5	3542.4	3638.3	3736.5	3837.0
57	3358.0	3450.0	3544.0	3640.0	3738.2	3838.6
58	3359.5	3451.6	3545.6	3641.6	3739.8	3840.3
59	3361.1	3453.1	3547.1	3643.2	3741.5	3842.0
60	3362.6	3454.7	3548.7	3644.8	3743.1	3843.7



# 374 NUESTA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	54°	55°	56°	57°	58°	59°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	3845.4	3948.5	4054.3	4162.8	4274.3	4388.9
2	3847.1	3950.3	4056.0	4164.6	4276.1	4390.9
3	3848.8	3952.0	4057.8	4166.4	4278.0	4392.8
4	3850.5	3953.8	4059.6	4168.3	4279.9	4394.7
5	3852.2	3955.5	4061.4	4170.1	4281.8	4396.7
6	3853.9	3957.2	4063.2	4172.0	4283.7	4398.6
7	3855.6	3959.0	4065.0	4173.8	4285.6	4400.6
8	3857.3	3960.7	4066.8	4175.6	4287.5	4402.5
9	3859.0	3962.5	4068.6	4177.5	4289.4	4404.5
10	3860.7	3964.2	4070.4	4179.3	4291.2	4406.4
11	3862.4	3966.0	4072.1	4181.1	4293.1	4408.4
12	3864.1	3967.7	4073.9	4183.0	4295.0	4410.3
13	3865.8	3969.5	4075.7	4184.8	4296.9	4412.3
14	3867.6	3971.2	4077.5	4186.7	4298.8	4414.2
15	3869.3	3973.0	4079.3	4188.5	4300.7	4416.2
16	3871.0	3974.7	4081.1	4190.4	4302.6	4418.1
17	3872.7	3976.5	4082.9	4192.2	4304.5	4420.1
18	3874.4	3978.2	4084.7	4194.1	4306.4	4422.0
19	3876.1	3980.0	4086.5	4195.9	4308.3	4424.0
20	3877.8	3981.7	4088.3	4197.7	4310.2	4425.9
21	3879.5	3983.5	4090.1	4199.6	4312.1	4427.9
22	3881.2	3985.2	4091.9	4201.4	4314.0	4429.8
23	3882.9	3987.0	4093.7	4203.3	4315.9	4431.8
24	3884.7	3988.8	4095.5	4205.2	4317.8	4433.8
25	3886.4	3990.5	4097.3	4207.0	4319.7	4435.7
26	3888.1	3992.3	4099.1	4208.9	4321.6	4437.7
27	3889.8	3994.0	4100.9	4210.7	4323.5	4439.6
28	3891.5	3995.8	4102.7	4212.6	4325.5	4441.6
29	3893.2	3997.5	4104.5	4214.4	4327.4	4443.6
30	3894.9	3999.3	4106.3	4216.3	4329.3	4445.5



Minutos.	54°	55°	56°	57°	58°	59°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	3896.7	4001.1	4108.2	4218.1	4331.2	4447.5
32	3898.4	4002.8	4110.0	4220.0	4333.1	4449.5
33	3900.1	4004.6	4111.8	4221.9	4335.0	4451.5
34	3901.8	4006.4	4113.6	4223.7	4336.9	4453.4
35	3903.5	4008.1	4115.4	4225.6	4338.8	4455.4
36	3905.3	4009.9	4117.2	4227.4	4340.8	4457.4
37	3907.0	4011.7	4119.0	4229.3	4342.7	4459.3
38	3908.7	4013.4	4120.8	4231.2	4344.6	4461.3
39	3910.4	4015.2	4122.7	4233.0	4346.5	4463.3
40	3912.2	4016.9	4124.5	4234.9	4348.4	4465.3
41	3913.9	4018.7	4126.3	4236.8	4350.3	4467.2
42	3915.6	4020.5	4128.1	4238.6	4352.2	4469.2
43	3917.3	4022.3	4129.9	4240.5	4354.1	4471.2
44	3919.1	4024.0	4131.7	4242.4	4356.1	4473.2
45	3920.8	4025.8	4133.6	4244.2	4358.0	4475.2
46	3922.5	4027.6	4135.4	4246.1	4359.9	4477.1
47	3924.3	4029.4	4137.2	4248.0	4361.8	4479.1
48	3926.0	4031.1	4139.0	4249.8	4363.8	4481.1
49	3927.7	4032.9	4140.8	4251.7	4365.7	4483.1
50	3929.4	4034.7	4142.7	4253.6	4367.6	4485.1
51	3931.2	4036.5	4144.5	4255.5	4369.6	4487.1
52	3932.9	4038.2	4146.3	4257.3	4371.5	4489.0
53	3934.6	4040.0	4148.1	4259.2	4373.4	4491.0
54	3936.4	4041.8	4150.0	4261.1	4375.4	4493.0
55	3938.1	4043.6	4151.8	4263.0	4377.3	4495.0
56	3939.8	4045.4	4153.6	4264.9	4379.2	4497.0
57	3941.6	4047.2	4155.5	4266.7	4381.2	4499.0
58	3943.3	4048.9	4157.3	4268.6	4383.1	4501.0
59	3945.1	4050.7	4159.1	4270.5	4385.1	4503.0
60	3946.8	4052.5	4160.9	4272.4	4387.0	4505.0



# 376 NUEVA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	60°	61°	62°	63°	64°	65°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	4507.0	4628.7	4754.3	4884.1	5018.5	5157.7
2	4509.0	4630.7	4756.4	4886.3	5020.7	5160.1
3	4511.0	4632.8	4758.5	4888.5	5023.0	5162.5
4	4513.0	4634.9	4760.7	4890.7	5025.3	5164.9
5	4515.0	4636.9	4762.8	4892.9	5027.6	5167.2
6	4517.0	4639.0	4764.9	4895.1	5029.9	5169.6
7	4519.0	4641.1	4767.1	4897.3	5032.2	5172.0
8	4521.0	4643.1	4769.2	4899.5	5034.5	5174.3
9	4523.0	4645.2	4771.3	4901.7	5036.7	5176.7
10	4525.0	4647.3	4773.5	4904.0	5039.0	5179.1
11	4527.0	4649.3	4775.6	4906.2	5041.3	5181.5
12	4529.0	4651.4	4777.8	4908.4	5043.6	5183.8
13	4531.0	4653.5	4779.9	4910.6	5045.9	5186.2
14	4533.0	4655.6	4782.1	4912.8	5048.2	5188.6
15	4535.0	4657.6	4784.2	4915.0	5050.5	5191.0
16	4537.0	4659.7	4786.3	4917.3	5052.8	5193.4
17	4539.0	4661.8	4788.5	4919.5	5055.1	5195.8
18	4541.1	4663.8	4790.6	4921.7	5057.4	5198.2
19	4543.1	4665.9	4792.8	4923.9	5059.7	5200.5
20	4545.1	4668.0	4794.9	4926.1	5062.0	5202.9
21	4547.1	4670.1	4797.1	4928.4	5064.3	5205.3
22	4549.1	4672.2	4799.2	4930.6	5066.6	5207.7
23	4551.2	4674.3	4801.4	4932.8	5068.9	5210.1
24	4553.2	4676.4	4803.5	4935.1	5071.3	5212.5
25	4555.2	4678.4	4805.7	4937.3	5073.6	5214.9
26	4557.2	4680.5	4807.9	4939.5	5075.9	5217.3
27	4559.3	4682.6	4810.0	4941.8	5078.2	5219.7
28	4561.3	4684.7	4812.2	4944.0	5080.5	5222.1
29	4563.3	4686.8	4814.3	4946.2	5082.8	5224.5
30	4565.3	4688.9	4816.5	4948.5	5085.1	5226.9



Minutos.	60°	61°	62°	63°	64°	65°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	4567.4	4691.0	4818.6	4950.7	5087.5	5229.3
32	4569.4	4693.1	4820.8	4952.9	5089.8	5231.8
33	4571.4	4695.2	4823.0	4955.2	5092.1	5234.2
34	4573.5	4697.3	4825.2	4957.4	5094.4	5236.6
35	4575.5	4699.4	4827.3	4959.7	5096.8	5239.0
36	4577.5	4701.5	4829.5	4961.9	5099.1	5241.4
37	4579.5	4703.6	4831.7	4964.2	5101.4	5243.8
38	4581.6	4705.7	4833.8	4966.4	5103.8	5246.3
39	4583.6	4707.8	4836.0	4968.6	5106.1	5248.7
40	4585.6	4709.9	4838.2	4970.9	5108.4	5251.1
41	4587.7	4712.0	4840.3	4973.1	5110.7	5253.5
42	4589.7	4714.1	4842.5	4975.4	5113.1	5256.0
43	4591.8	4716.2	4844.7	4977.7	5115.4	5258.4
44	4593.8	4718.3	4846.9	4979.9	5117.8	5260.8
45	4595.9	4720.4	4849.1	4982.2	5120.1	5263.2
46	4597.9	4722.5	4851.2	4984.4	5122.5	5265.7
47	4599.9	4724.6	4853.4	4986.7	5124.8	5268.1
48	4602.0	4726.7	4855.6	4988.9	5127.1	5270.5
49	4604.0	4728.8	4857.8	4991.2	5129.5	5273.0
50	4606.1	4730.9	4860.0	4993.5	5131.8	5275.4
51	4608.1	4733.1	4862.2	4995.7	5134.2	5277.9
52	4610.2	4735.2	4864.4	4998.0	5136.5	5280.3
53	4612.2	4737.3	4866.5	5000.3	5138.9	5282.7
54	4614.3	4739.4	4868.7	5002.6	5141.2	5285.2
55	4616.4	4741.5	4870.9	5004.8	5143.6	5287.6
56	4618.4	4743.7	4673.1	5007.1	5145.9	5290.1
57	4620.5	4745.8	4875.3	5009.4	5148.3	5292.5
58	4622.5	4747.9	4877.5	5011.6	5150.7	5295.0
59	4624.6	4750.0	4879.7	5013.9	5153.0	5297.4
60	4626.6	4752.2	4881.9	5016.2	5155.4	5299.9



# 378 NUESTRA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	66°	67°	68°	69°	70°	71°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	5302.3	5452.8	5609.5	5773.2	5944.5	6124.3
2	5304.8	5455.3	5612.2	5776.0	5947.5	6127.4
3	5307.3	5457.9	5614.9	5778.8	5950.4	6130.5
4	5309.7	5460.5	5617.5	5781.6	5953.3	6133.6
5	5312.2	5463.0	5620.2	5784.4	5956.3	6136.7
6	5314.7	5465.6	5622.9	5787.2	5959.2	6139.7
7	5317.1	5468.2	5625.6	5790.0	5962.1	6142.8
8	5319.6	5470.7	5628.2	5792.8	5965.1	6145.9
9	5322.1	5473.3	5630.9	5795.6	5968.0	6148.0
10	5324.5	5475.9	5633.6	5798.4	5970.9	6152.1
11	5327.0	5478.4	5636.3	5801.2	5973.9	6155.2
12	5329.5	5481.0	5639.0	5804.0	5976.8	6158.3
13	5332.0	5483.6	5641.7	5806.8	5979.8	6161.4
14	5334.4	5486.2	5644.4	5809.7	5982.8	6164.5
15	5336.9	5488.8	5647.1	5812.5	5985.7	6167.6
16	5339.4	5491.3	5649.8	5815.3	5988.7	6170.7
17	5341.9	5493.9	5652.5	5818.1	5991.6	6173.8
18	5344.4	5496.5	5655.2	5820.9	5994.6	6176.9
19	5346.8	5499.1	5657.9	5823.8	5997.6	6180.0
20	5349.3	5501.7	5660.6	5826.6	6000.5	6183.2
21	5351.8	5504.3	5663.3	5829.4	6003.5	6186.3
22	5354.3	5506.9	5666.0	5832.3	6006.5	6189.4
23	5356.8	5509.5	5668.7	5835.1	6009.4	6192.6
24	5359.3	5512.1	5671.4	5838.0	6012.4	6195.7
25	5361.8	5514.7	5674.1	5840.8	6015.4	6198.8
26	5364.3	5517.3	5676.9	5843.6	6018.4	6202.0
27	5366.8	5519.9	5679.6	5846.5	6021.4	6205.1
28	5369.3	5522.5	5682.3	5849.3	6024.4	6208.2
29	5371.8	5525.1	5685.0	5852.2	6027.3	6211.4
30	5374.3	5527.7	5687.7	5855.0	6030.3	6214.5



Minutos.	66°	67°	68°	69°	70°	71°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	5376.8	5530.3	5690.4	5857.9	6033.3	6217.7
32	5379.3	5532.9	5693.2	5860.7	6036.3	6220.8
33	5381.8	5535.5	5695.9	5863.6	6039.3	6224.0
34	5384.3	5538.2	5698.7	5866.5	6042.3	6227.2
35	5386.8	5540.8	5701.4	5869.3	6045.3	6230.3
36	5389.4	5543.4	5704.1	5872.2	6048.3	6233.5
37	5391.9	5546.0	5706.9	5875.1	6051.4	6236.6
38	5394.4	5548.6	5709.6	5877.9	6054.4	6239.8
39	5396.9	5551.3	5712.3	5880.8	6057.4	6243.0
40	5399.4	5553.9	5715.1	5883.7	6060.4	6246.1
41	5401.9	5556.5	5717.8	5886.5	6063.4	6249.3
42	5404.5	5559.2	5720.6	5889.4	6066.4	6252.5
43	5407.0	5561.8	5723.3	5892.3	6069.5	6255.7
44	5409.5	5564.4	5726.1	5895.2	6072.5	6258.9
45	5412.1	5567.1	5728.8	5898.1	6075.5	6262.1
46	5414.6	5569.7	5731.6	5901.0	6078.6	6265.3
47	5417.1	5572.4	5734.3	5903.9	6081.6	6268.5
48	5419.7	5575.0	5737.1	5906.7	6084.6	6271.7
49	5422.2	5577.6	5739.8	5909.6	6087.7	6274.9
50	5424.7	5580.3	5742.6	5912.5	6090.7	6278.1
51	5427.3	5582.9	5745.4	5915.4	6093.7	6281.3
52	5429.8	5585.6	5748.2	5918.3	6096.8	6284.5
53	5432.4	5588.2	5751.0	5921.2	6099.8	6287.7
54	5434.9	5590.9	5753.7	5924.1	6102.9	6290.9
55	5437.5	5593.5	5756.5	5927.1	6106.0	6294.1
56	5440.0	5596.2	5759.3	5930.0	6109.0	6297.4
57	5442.5	5598.8	5762.1	5932.9	6112.1	6300.6
58	5445.1	5601.5	5764.9	5935.8	6115.1	6303.8
59	5447.7	5604.1	5767.6	5938.7	6118.2	6307.0
60	5450.2	5606.8	5770.4	5941.6	6121.2	6310.2



# 380 NUESTRA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	72°	73°	74°	75°	76°	77°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	6313.5	6513.1	6724.5	6949.2	7189.1	7446.4
2	6316.7	6516.5	6728.2	6953.1	7193.3	7450.9
3	6320.0	6520.0	6731.8	6957.0	7197.4	7455.4
4	6323.2	6523.4	6735.4	6960.9	7201.6	7459.9
5	6326.4	6526.9	6739.1	6964.8	7205.7	7464.3
6	6329.7	6530.3	6742.7	6968.6	7209.9	7468.8
7	6332.9	6533.7	6746.4	6972.5	7214.1	7473.3
8	6336.2	6537.2	6750.0	6976.4	7218.2	7477.8
9	6339.4	6540.6	6753.7	6980.3	7222.4	7482.2
10	6342.7	6544.0	6757.3	6984.2	7226.5	7486.7
11	6346.0	6547.5	6761.0	6988.1	7230.7	7491.2
12	6349.3	6551.0	6764.7	6992.0	7234.9	7495.7
13	6352.6	6554.4	6768.4	6995.9	7239.1	7500.3
14	6355.8	6557.9	6772.0	6999.9	7243.2	7504.8
15	6359.1	6561.4	6775.7	7003.8	7247.4	7509.3
16	6362.4	6564.8	6779.4	7007.7	7251.7	7513.8
17	6365.7	6568.3	6783.1	7011.6	7255.9	7518.4
18	6368.9	6571.8	6786.8	7015.6	7260.1	7522.9
19	6372.2	6575.2	6790.5	7019.5	7264.4	7527.5
20	6375.5	6578.7	6794.2	7023.4	7268.6	7532.0
21	6378.8	6582.2	6797.9	7027.4	7272.8	7536.6
22	6382.1	6585.7	6801.6	7031.4	7277.1	7541.2
23	6385.4	6589.2	6805.3	7035.3	7281.3	7545.7
24	6388.7	6592.7	6809.0	7039.3	7285.6	7550.3
25	6392.0	6596.2	6812.7	7043.3	7289.8	7554.9
26	6395.3	6599.7	6816.5	7047.3	7294.1	7559.5
27	6398.7	6603.2	6820.2	7051.2	7298.3	7564.1
28	6402.0	6606.7	6823.9	7055.2	7302.6	7568.7
29	6405.3	6610.2	6827.6	7059.2	7306.9	7573.3
30	6408.6	6613.7	6831.4	7063.1	7311.2	7577.9



Minutos.	72°	73°	74°	75°	76°	77°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	6411.9	6617.2	6835.1	7067.1	7315.4	7582.5
32	6415.2	6620.8	6838.9	7071.1	7319.7	7587.2
33	6418.6	6624.3	6842.6	7075.2	7324.0	7591.8
34	6421.9	6627.9	6846.4	7079.2	7328.3	7596.4
35	6425.3	6631.4	6850.1	7083.2	7332.6	7601.1
36	6428.6	6634.9	6853.9	7087.2	7336.9	7605.7
37	6431.9	6638.5	6857.7	7091.2	7341.3	7610.4
38	6435.3	6642.0	6861.4	7095.3	7345.6	7615.1
39	6438.6	6645.5	6865.2	7099.3	7349.9	7619.7
40	6442.0	6649.1	6868.9	7103.3	7354.2	7624.4
41	6445.3	6652.6	6872.7	7107.3	7358.6	7629.1
42	6448.7	6656.2	6876.5	7111.4	7362.9	7633.8
43	6452.0	6659.8	6880.3	7115.4	7367.3	7638.5
44	6455.4	6663.4	6884.1	7119.5	7371.7	7643.2
45	6458.8	6666.9	6887.9	7123.5	7376.0	7647.9
46	6462.2	6670.5	6891.7	7127.6	7380.4	7652.6
47	6465.6	6674.1	6895.5	7131.7	7384.8	7657.3
48	6468.9	6677.7	6899.3	7135.8	7389.1	7662.0
49	6472.3	6681.2	6903.1	7139.8	7393.5	7666.8
50	6475.7	6684.8	6906.9	7143.9	7397.8	7671.5
51	6479.1	6688.4	6910.8	7148.0	7402.2	7676.3
52	6482.5	6692.0	6914.6	7152.1	7406.6	7681.0
53	6485.9	6695.6	6918.4	7156.2	7411.1	7685.8
54	6489.3	6699.2	6922.3	7160.3	7415.5	7690.6
55	6492.7	6702.8	6926.1	7164.4	7419.9	7695.3
56	6496.1	6706.5	6930.0	7168.5	7424.3	7700.1
57	6499.5	6710.1	6933.8	7172.6	7428.7	7704.9
58	6502.9	6713.7	6937.7	7176.8	7433.2	7709.7
59	6506.3	6717.3	6941.5	7180.9	7437.6	7714.5
60	6509.7	6720.9	6945.4	7185.0	7442.0	7719.3



# 382 NUESTRA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	78°	79°	80°	81°	82°	83°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	7724.1	8025.5	8355.5	8719.9	9127.0	9588.3
2	7728.9	8030.8	8361.3	8726.3	9134.2	9596.6
3	7733.7	8036.1	8367.1	8732.7	9141.5	9604.8
4	7738.6	8041.3	8372.8	8739.2	9148.7	9613.1
5	7743.4	8046.6	8378.6	8745.6	9156.0	9621.4
6	7748.2	8052.9	8384.5	8752.1	9163.2	9629.7
7	7753.1	8057.2	8390.3	8758.5	9170.5	9638.0
8	7757.9	8062.5	8396.1	8765.0	9177.8	9646.4
9	7762.8	8067.8	8402.0	8771.5	9185.1	9654.8
10	7767.7	8073.1	8407.8	8778.0	9192.4	9663.2
11	7772.6	8078.4	8413.6	8784.5	9199.8	9671.6
12	7777.4	8083.8	8419.5	8791.1	9207.1	9680.0
13	7782.3	8089.2	8425.4	8797.6	9214.5	9688.5
14	7787.2	8094.5	8431.3	8804.2	9221.9	9696.9
15	7792.1	8099.8	8437.2	8810.7	9229.3	9705.4
16	7797.1	8105.2	8443.1	8817.3	9236.7	9714.0
17	7802.0	8110.6	8449.0	8823.9	9244.2	9722.5
18	7806.9	8115.9	8455.0	8830.5	9251.6	9731.1
19	7811.8	8121.3	8460.9	8837.1	9259.1	9739.6
20	7816.8	8126.7	8466.8	8843.7	9266.6	9748.2
21	7821.7	8132.1	8472.8	8850.4	9274.1	9756.9
22	7826.7	8137.5	8478.7	8857.0	9281.6	9765.5
23	7831.6	8142.9	8484.7	8863.7	9289.1	9774.2
24	7836.6	8148.4	8490.7	8870.4	9296.7	9782.9
25	7841.6	8153.8	8496.7	8877.1	9304.3	9791.6
26	7846.6	8159.3	8502.7	8883.8	9311.9	9800.3
27	7851.5	8164.7	8508.7	8890.5	9319.5	9809.1
28	7856.5	8170.2	8514.8	8897.2	9327.1	9817.8
29	7861.6	8175.7	8520.8	8904.0	9334.7	9826.6
30	7866.6	8181.1	8526.9	8910.7	9342.4	9835.5



Minutos.	78°	79°	80°	81°	82°	83°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	7871.6	8186.6	8532.9	8917.5	9350.0	9844.3
32	7876.6	8192.1	8539.0	8924.3	9357.7	9853.2
33	7881.6	8197.6	8545.1	8931.1	9365.4	9862.1
34	7886.7	8203.2	8551.2	8937.9	9373.1	9871.0
35	7891.7	8208.7	8557.3	8944.7	9380.9	9879.9
36	7896.8	8214.2	8563.4	8951.5	9388.6	9888.9
37	7901.8	8219.7	8569.5	8958.4	9396.4	9897.9
38	7906.9	8225.3	8575.7	8965.3	9404.2	9906.9
39	7912.0	8230.9	8581.8	8972.1	9412.0	9915.9
40	7917.1	8236.4	8588.0	8979.0	9419.8	9924.0
41	7922.2	8242.0	8594.1	8986.0	9427.7	9934.0
42	7927.3	8247.6	8600.3	8992.9	9435.5	9943.1
43	7932.4	8253.2	8606.5	8999.8	9443.4	9952.2
44	7937.5	8258.8	8612.7	9006.8	9451.3	9961.4
45	7942.6	8264.4	8618.9	9013.7	9458.2	9970.6
46	7947.7	8270.0	8625.2	9020.7	9467.2	9979.8
47	7952.9	8275.7	8631.4	9027.7	9475.1	9989.0
48	7958.0	8281.3	8637.7	9034.7	9483.1	9998.2
49	7963.2	8287.0	8643.9	9041.7	9491.1	10007.5
50	7968.3	8292.6	8650.2	9044.7	9499.1	10016.8
51	7973.5	8298.3	8656.5	9055.8	9507.1	10026.1
52	7978.7	8304.0	8662.8	9062.8	9515.1	10035.5
53	7983.8	8309.6	8669.1	9069.9	9523.2	10044.8
54	7989.0	8315.3	8675.4	9077.0	9531.3	10054.2
55	7994.2	8321.1	8681.7	9084.1	9539.4	10063.6
56	7999.4	8326.8	8688.1	9091.2	9547.5	10073.1
57	8004.6	8332.5	8694.4	9098.4	9555.6	10082.6
58	8009.8	8338.2	8700.8	9105.5	9563.8	10092.1
59	8015.0	8344.0	8707.1	9112.7	9562.0	10101.6
60	8020.3	8349.7	8713.5	9119.8	9580.1	10111.2



# 384 NUESTRA TABLA DE PARTES MERIDIONALES

Minutos.	84°	85°	86°	87°	88°	89°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
1	10120.7	10750.3	11521.1	12515.4	13919.3	16331.5
2	10130.3	10761.9	11535.5	12534.7	13948.4	16390.2
3	10140.0	10773.4	11550.0	12554.1	13977.6	16450.0
4	10149.6	10785.0	11564.5	12573.6	14007.1	16510.9
5	10159.3	10796.7	11579.1	12593.2	14036.9	16573.8
6	10169.0	10808.4	11593.8	12612.9	14066.9	16635.9
7	10178.8	10820.1	11608.5	12632.7	14097.2	16700.2
8	10188.5	10831.9	11623.3	12652.6	14127.8	16765.7
9	10198.3	10843.7	11638.2	12672.7	14158.6	16832.4
10	10208.2	10855.5	11653.1	12692.8	14189.8	16900.5
11	10218.0	10867.4	11668.1	12713.1	14221.1	16969.9
12	10227.9	10879.3	11683.2	12733.5	14252.8	17040.8
13	10237.8	10891.3	11698.3	12754.1	14284.8	17113.2
14	10247.7	10903.3	11713.5	12774.7	14317.1	17187.1
15	10257.7	10915.4	11728.7	12795.5	14349.7	17262.7
16	10267.7	10927.5	11744.1	12816.4	14382.6	17340.0
17	10277.7	10939.6	11759.5	12837.5	14415.8	17419.0
18	10287.8	10951.8	11774.9	12858.6	14449.4	17499.9
19	10297.9	10964.0	11790.4	12879.9	14483.2	17582.7
20	10308.0	10976.3	11806.0	12901.3	14511.5	17667.6
21	10318.1	10988.6	11821.7	12922.9	14552.0	17754.7
22	10328.3	11001.0	11837.5	12944.6	14586.9	17844.0
23	10338.5	11013.4	11853.3	12966.4	14622.2	17935.6
24	10348.7	11025.8	11869.2	12988.4	14657.8	18029.8
25	10359.0	11038.3	11885.1	13010.5	14693.8	18126.7
26	10369.3	11050.8	11901.2	13032.8	14730.2	18226.3
27	10379.6	11063.4	11917.3	13055.2	14767.0	18329.0
28	10390.0	11076.0	11933.5	13077.7	14804.1	18434.7
29	10400.3	11088.7	11949.7	13100.4	14841.7	18543.9
30	10410.8	11101.4	11967.1	13123.3	14879.7	18656.6



Minutos.	84°	85°	86°	87°	88°	89°
	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.	Partes Meri- dionales.
31	10421.2	11114.2	11982.5	13146.3	14918.1	18773.2
32	10431.7	11127.0	11999.0	13169.4	14957.0	18893.8
33	10442.2	11139.9	12015.6	13192.7	14996.3	19018.8
34	10452.7	11152.8	12032.2	13216.2	15036.0	19148.6
35	10463.3	11165.8	12049.0	13239.9	15076.2	19283.4
36	10473.9	11178.8	12065.8	13263.7	15116.9	19423.7
37	10484.6	11191.8	12082.7	13287.6	15158.1	19569.9
38	10495.3	11204.9	12099.7	13311.7	15199.8	19722.9
39	10505.0	11218.1	12116.7	13336.0	15241.9	19882.8
40	10516.7	11231.3	12133.9	13360.5	15284.6	20050.5
41	10527.5	11244.6	12151.1	13385.2	15327.9	20226.8
42	10538.3	11257.9	12168.5	13410.0	15371.7	20412.7
43	10549.1	11271.2	12185.9	13435.0	15416.1	20609.2
44	10560.0	11284.7	12203.4	13460.2	15461.0	20817.6
45	10570.9	11298.1	12221.0	13485.6	15506.5	21039.5
46	10581.9	11311.6	12238.7	13511.1	15552.7	21276.7
47	10592.8	11325.2	12256.4	13536.9	15599.5	21531.4
48	10603.9	11338.8	12274.3	13562.9	15646.9	21806.6
49	10614.8	11352.5	12292.3	13589.0	15695.0	22105.7
50	10626.0	11366.3	12310.3	13615.4	15743.7	22433.4
51	10637.1	11380.1	12328.5	13641.9	15793.2	22795.6
52	10648.3	11393.9	12346.7	13668.7	15843.4	23200.5
53	10659.5	11407.8	12365.1	13695.6	15894.3	23659.5
54	10670.7	11421.8	12383.5	13722.8	15946.0	24189.5
55	10682.0	11435.8	12402.1	13750.2	15998.5	24816.3
56	10693.3	11449.8	12420.7	13777.8	16051.8	25583.4
57	10704.6	11464.0	12439.4	13805.7	16106.0	26572.3
58	10716.0	11478.2	12458.3	13833.7	16161.0	27966.2
59	10727.4	11492.4	12477.2	13862.0	16216.9	30349.1
60	10738.8	11506.7	12496.3	13890.6	16273.7	∞



## CAPITULO II.

*De la Correccion , que de la desigualdad de los grados en Latitud , se origina en las diferencias en Latitud , y Distancias.*

TEniendo con la Tabla antecedente lo suficiente para hallar la Longitud en el Mar sobre la Elipsoide, passarémos à dár el methodo de corregir , lo que la desigualdad de los grados en Latitud produce de alteracion en las diferencias de Latitud, y distancias. Para ello es necesario notar , que en la proyeccion de la Esphera de *M. Eduardo Wright* , de la qual deducimos las Tablas de partes Meridionales , todos los grados de Longitud se suponen iguales: esto es , iguales al del Equador ; con que para la exactitud en la practica , es menester , que el Piloto señale su Corredera debaxo de este principio , dandole la longitud correspondiente à la magnitud de este grado; pero como los de Latitud sean en unos parages mayores, y en otros menores que èl, debemos paràr la atencion à esta desigualdad ; porque supuesto que el Piloto navegue en las inmediaciones del Equador Norte Sur , en donde los grados de Latitud son menores , que los de Longitud, haviendole dado à la Corredera el largo correspondiente al grado del mismo Equador , su diferencia en Latitud de la estima serà menor , que la efectiva , en una cantidad proporcional al exceso de los grados de Longitud sobre los de Latitud ; y lo mismo la Distancia. El methodo de corregir este yerro , se vè practicado por *M. Murdoch* en sus *Tablas Loxodromicas* ; y se reduce à formar una Tabla del



del valor de todos los grados de Latitud, por la qual se configuen, con la simple regla de tres, las correcciones deseadas, en la forma que se verá mas adelante.

En el Libro VII. Corolario VII. demonstramos, que los excessos de los grados de Latitud, sobre el contiguo à el Equador, son como los quadrados de los Senos de sus Latitudes; y<sup>a</sup> que en la Latitud de  $54^{\circ} 44' 08''$ , el grado del Meridiano es igual al del Equador; esto pues, nos facilita el modo, de hallar los excessos de todos los grados de Latitud, sobre el contiguo al Equador, y de formar la Tabla que necesitamos; porque el quadrado del Seno de la Latitud  $54^{\circ} 44' 08''$ , será al quadrado del Seno de Latitud, cuyo exceso de grado se busca, como el exceso del grado del Equador sobre el de Meridiano contiguo à este Circulo, à el exceso del grado que se busca. No necesitamos pues segun esto mas, que hallar el exceso del grado del Equador sobre el inmediato à este Circulo de Meridiano; y haviendo dicho, que estos dos grados son como  $1+28$ , à  $1^b$ ; ò como 267 à 265, se sigue, que suponiendo el grado del Equador de 60 minutos, el exceso de este sobre el que le es contiguo de Meridiano, será de 0.449. Con esto, para hallar, por exemplo, el exceso del grado de Latitud, en la de  $40^{\circ}$ , sobre el de Meridiano contiguo al Equador, dirémos.

El quadrado del Seno de  $54^{\circ} 44' 08''$   
es al quadrado del Seno de  $40^{\circ}$

como 0.449

à 0.281

Cc 2

Si

<sup>a</sup> Corolario 14. Lib. 7

<sup>b</sup> Corolario 11. Lib. 7



Si este exceso se añade à el grado de Meridiano contiguo al Equador , se tendrá el grado de la Latitud  $40^{\circ}$ ; y con igual proceder continuando se construirà la Tabla siguiente, que nos servirá en el Capitulo tercero, para corregir las diferencias en Latitud de la estima , y las distancias navegadas. O bien, si este methodo pareciere algo dilatado , se podrá construir la misma Tabla , reduciendo la que dimos en el Libro antecedente pagina 346 en toesas, à minutos del Equador , que se hace partiendo las toesas, que alli se dieron de valor à cada grado , y arco por  $\frac{81}{112}$  toesas , que vale el minuto del Equador.

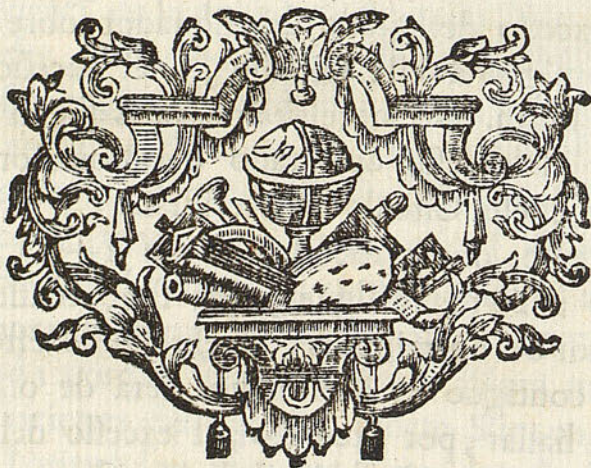




Tabla del valor de Grados , y Arcos del Meridiano terrestre  
en minutos, y centabos de minuto del Equador.

Latitud.	Valor de los grados del Meridiano	Valor de los arcos del Meridiano	Latitud.	Valor de los grados del Meridiano	Valor de los arcos del Meridiano	Latitud.	Valor de los grados del Meridiano	Valor de los arcos del Meridiano
	Minutos.	Minutos.		Minutos.	Minutos.		Minutos.	Minutos.
0°		0000.00	30°		1788.26	60°		3584.88
1	59.55	59.55	31	59.72	1847.98	61	60.06	3644.94
2	59.55	119.10	32	59.74	1907.72	62	60.07	3705.01
3	59.55	178.65	33	59.74	1967.46	63	60.08	3765.09
4	59.56	238.21	34	59.76	2027.22	64	60.09	3825.18
5	59.55	297.76	35	59.77	2086.99	65	60.10	3885.28
6	59.55		36	59.77		66	60.11	
7	59.56	357.31	37	59.79	2146.76	67	60.11	3945.39
8	59.57	416.87	38	59.80	2206.55	68	60.13	4005.50
9	59.56	476.44	39	59.81	2266.35	69	60.13	4065.63
10	59.57	536.00	40	59.82	2326.16	70	60.14	4125.76
		595.57	41		2385.98			4185.90
11	59.57	655.14	42	59.84	2445.82	71	60.15	4246.05
12	59.58	714.72	43	59.85	2505.67	72	60.16	4306.21
13	59.58	774.30	44	59.86	2565.53	73	60.16	4366.37
14	59.59	833.89	45	59.87	2625.40	74	60.17	4426.54
15	59.59	893.48	46	59.88	2685.28	75	60.18	4486.72
16	59.60		47	59.89		76	60.18	
17	59.61	953.08	48	59.90	2745.17	77	60.19	4546.90
18	59.61	1012.69	49	59.92	2805.07	78	60.19	4607.09
19	59.61	1072.30	50	59.92	1864.99	79	60.20	4667.28
20	59.61	1131.91	51	59.93	2924.92	80	60.20	4727.48
	59.63	1191.54	52	59.94	2984.86			4787.68
21	59.63		53	59.95		81	60.21	
22	59.64	1251.17	54	59.96	3044.81	82	60.21	4847.89
23	59.64	1310.81	55	59.97	3104.77	83	60.21	4908.10
24	59.65	1370.46	56	59.97	3164.74	84	60.22	4968.31
25	59.66	1430.12	57	59.99	3224.73	85	60.22	5028.53
	59.67	1489.79	58	60.00	3284.73			5088.75
26	59.67		59	60.01		86	60.22	
27	59.69	1549.46	60	60.02	3344.74	87	60.22	5148.97
28	59.69	1609.15		60.03	3404.76	88	60.22	5209.19
29	59.69	1668.84		60.04	3464.79	89	60.22	5269.41
30	59.70	1728.54		60.05	3524.83	90	60.22	5329.63
	59.72	1788.26			3584.88			5389.85



## CAPITULO III.

*Practica de la Navegacion sobre la Elipsoide.*

SI los Capítulos antecedentes fueren algo difíciles de comprender por los meros Pilotos, el siguiente se les hará mas inteligible, pues se reduce à las operaciones, que deben practicar en la Navegacion; pero ante todas cosas se debe estàr en la inteligencia, de que la Corredera se ha de marcar segun la magnitud del grado del Equador, que yà diximos ser de  $57228\frac{1}{2}$  toefas del piè de Rey de *Paris*; y porque entre nudo, y nudo debe tener este Instrumento  $\frac{1}{120}$  de milla, respecto de

que la Ampolleta de ordinario se fabrica de  $\frac{1}{120}$  de hora,

serà esta cantidad de  $\frac{57228\frac{1}{2}}{60.(120)}$ : esto es, de 47 pies, 8 pulgadas, que equivalen à 50 pies, 10 pulgadas de Londres. Con este fundamento podemos resolver los Problemas de Navegacion por las dos Tablas antecedentes.



## PROBLEMA I.

Dada la distancia navegada debaxo del Meridiano , hallar la diferencia en Latitud.

Supongase , que un Navio salió de la Latitud Norte  $1^{\circ}$  grado , y navegò al Septentrion 240 millas de distancia , la qual fuera asimismo , en la suposicion de la Tierra Esphérica , la diferencia en Latitud 4 grados , que llamaremos en adelante *diferencia en Latitud Esphérica* ; agregase èsta à la Latitud salida , y se tendrà la arribada 5 grados , baxo de la misma suposicion. Para hallar la verdadera , tomese en la Tabla del valor de los grados , y arcos de Meridiano la diferencia entre el arco de  $5^{\circ}$  , que es de 297.76 , y el de  $1^{\circ}$  , que es de 59.55 , y se hallarà de 238.21 ; restese esta cantidad de la *diferencia en Latitud Esphérica* 240' , y el residuo 1.79 agregado à la misma *diferencia en Latitud Esphérica* , darà 241.79 , ò 242 minutos por la diferencia en Latitud verdadera , que hacen  $4^{\circ} 02'$  ; los quales agregados à la Latitud salida  $1^{\circ}$  , daràn  $5^{\circ} 02'$  por la Latitud arribada.

NOTA. El residuo , que en este exemplo es 1.79 , se ha de añadir à la *diferencia en Latitud Esphérica* , siempre que la navegacion se hiciere entre el Equador , y la Latitud de  $54^{\circ} 44'$  ; pero si se hiciere en mayores Latitudes , se ha de substraer , para obtener la diferencia en Latitud verdadera.

PRO-



## PROBLEMA II.

Dada la distancia navegada debaxo de un Rumbo Obliquo, hallar la Latitud, y Longitud.

<sup>a</sup> Fig. 8.  
Lam. 8.

Supongase, que un Navio saliendo de la Latitud Norte 1 grado, navegò al N.N.E. 240 millas; y asimismo, que en el Triangulo CAB<sup>a</sup>, C represente el punto de la salida, ACB el angulo del Rumbo, Cb la distancia navegada, Ca la *diferencia en Latitud Esphérica*, CA la diferencia en Latitud en partes Meridionales, y AB la Longitud. Segun esto, para hallar la *diferencia en Latitud Esphérica*, dirémos

El Radio		10.0000000
es al Seno 2 de ACB	67° 30'	9.9656153
como la distancia Cb	240	2.3802112
à la <i>diferencia en Latitud Esphérica</i> Ca	221.73	2.3458265

Para hallar la verdadera, se notará, que esta navegacion se hizo entre el 1 y 5 grados de Latitud; entre los quales hay 240' de *diferencia en Latitud Esphérica*, à quienes corresponden, segun el Problema antecedente, y la Tabla del valor de los grados, y arcos de Meridiano, 238'.21 de diferencia en Latitud verdadera; hagase pues esta analogia  $240 : 238.21 = 221.73 : 220.08$ ; restese este quarto termino del tercero, y se tendrá por residuo 1'.65; que agregado al tercer termino, se tendrán... 223'.38, ò 223' justos, por la diferencia en Latitud verdadera, que hacen 3° 43'; los quales añadidos à la Latitud salida 1°, se tendrá la arribada 4° 43'.

Pa-



Para hallar la diferencia en Longitud, se substraeràn las partes Meridionales de  $1^{\circ}$ , 59.6, de las mismas de  $4^{\circ}$  43', 281.2, y el residuo 221.6, será la diferencia en Latitud en partes Meridionales CA; y se dirà

El Radio 10.0000000  
es à la Tangente de ACB  $22^{\circ} 30'$  9.6172243  
como la diferencia en Latitud en

partes Meridionales CA=221.6 2.3455698  
à la diferencia en Longitud AB 91.8 1.9627941

No se haga aqui extraño à los Pilotos, que la diferencia en Latitud en partes Meridionales sea menor, que la diferencia en Latitud verdadera, pues así debe suceder; porque el primer valor de minutos es mayor, que el segundo.

### PROBLEMA III.

Dada la diferencia en Latitud verdadera, y el Rumbo, hallar la distancia, y Longitud.

Supongase, que un Navio saliendo de la Latitud Norte  $1^{\circ}$  grado, navegò al N. N. E, hasta que observò 5 grados de Latitud tambien Norte; y que en el Triangulo CAB, ACB represente el angulo del Rumbo,  $aC$  la diferencia en Latitud verdadera,  $Cb$  la distancia, que llamarè *Elíptica*, CA la diferencia en Latitud como antes en partes Meridionales, y AB la Longitud. Para hallar la *distancia Elíptica*, dirémos

El Seno 2 de ACB  $67^{\circ} 30'$  9.9656153  
es al Radio 10.0000000

Dd

co-



comò la diferencia en Lat.verdad.  $aC$  240. 2.3802112  
 à la *distancia Eliptica Cb* 259.8 2.4145959

Para hallar la verdadera, se substraerà como en el Problema I, el arco de 5 grados de la Tabla de los grados, y arcos de Meridiano, del arco de  $1^{\circ}$ , y se tendrà por residuo  $238' 21$ ; con lo qual, se dirà,  $240 : 238' 21 = 259.8 : 254.5$ ; y este quarto termino ferà la distancia verdadera.

Nota; quando se navega entre el Equador, y la Latitud de  $54^{\circ} 44'$ , la distancia verdadera debe ser menor que la *Eliptica*; y al contrario, quanto se navegare en mayores Latitudes. La Longitud se hallarà como en el Problema antecedente.

#### PROBLEMA IV.

Dada la diferencia en Latitud verdadera, y la distancia asimismo verdadera, hallar el Rumbo, y la Longitud.

Supongase, que un Navio saliendo de la Latitud Norte 1 grado, navegò en el primer Quadrante 260 millas, hasta que observò  $5^{\circ}$  de Latitud Norte; y que en el Triangulo CAB, Cb representa la distancia verdadera, Ca la *diferencia en Latitud Esphèrica*, y las demàs lineas, y angulos como en los Problemas antecedentes. Para hallar el Rumbo, es preciso buscar primero la *diferencia en Latitud Esphèrica Ca*; que segun las operaciones antecedentes es de  $238' 21$ , y diremos

La distancia verdadera Cb 260 2.4149733  
 es



es à la diferencia en Lat. <i>Esph. Ca</i>	238.21	2.3769598
como el Radio		10.0000000
al Seno 2 de	66° 22½'	9.9619865
Para hallar la Longitud, se substraeràn las partes Meridionales de 5°, de las de 1°, y quedaràn 238.5 por la diferencia en Latitud en partes Meridionales, y se dirà		
El Radio		10.0000000
es à la Tangente de	23° 37½'	9.6408877
como la difer. en Lat. en part. Merid.	238.5	2.3774884
à la Longitud AB	104.3	2.0183761

# PROBLEMA V.

Dadas la Latitud, y Longitud, hallar el Rumbo, y Distancia.

**S**Upongase, que de un Puerto, que està en la Latitud Norte 1 grado, se quiere navegar à otro, que està en la de 20, asimismo Norte; y que entre ellos haya 10 grados de diferencia en Longitud. La diferencia en Latitud en partes Meridionales serà de 1156.7; y para hallar el Rumbo, dirémos

La dif. en Lat. en part. Merid. CA	1156.7	3.0632207
es à la diferencia en Longit. AB	600	2.7781513
como el Radio		10.0000000
à la Tangente del Rumbo ACB	27° 25'	9.7149306

Para hallar la distancia, se reducirà primero por la Tabla de los grados, y arcos de Meridiano la diferencia en Latitud verdadera, à *Esphèrica*, y se hallarà èsta de 1132; y se dirà

Dd 2

El

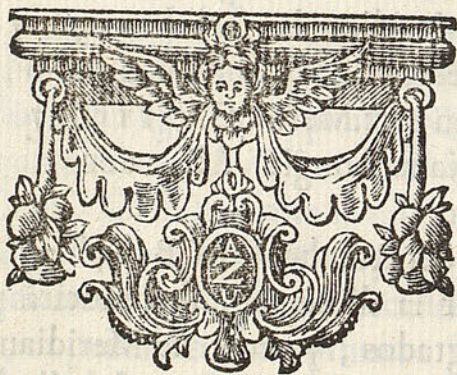


El Seno 2 del ang. del Rumbo ACB  $62^{\circ} 35'$  9.9482899  
es al Radio 10.0000000

como la dif. en *Latitud Esphèrica* Ca 1131 3.0538464  
à la distancia verdadera Cb 1275 3.1055575

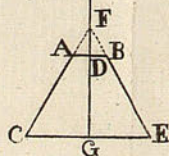
Estos son los unicos Problemas usuales de Navegacion, porque los otros dos, que sobre el Triangulo CAB se pueden formar, mas son de mera curiosidad, que de provecho; y asì serà mejor omitirlos, por no confundir los Pilotos, poco versados; pues los que fueren habiles, podrán ellos mismos resolverlos, quedando instruidos de lo que antes se dixo.

En quanto à la Navegacion Este Oeste, no he puesto Exemplo alguno, porque estos Problemas se deben resolver segun el methodo antiguo, que conviene igualmente à este. Entre ellos se havrà notado una diferencia considerable, para los que aprecian la exactitud; y deseo que su utilidad haga, que todos reflexionen sobre el methodo, que huvieren de elegir, para la practica, y usar, para el total acierto de cosa tan importante.

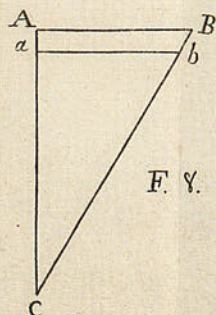




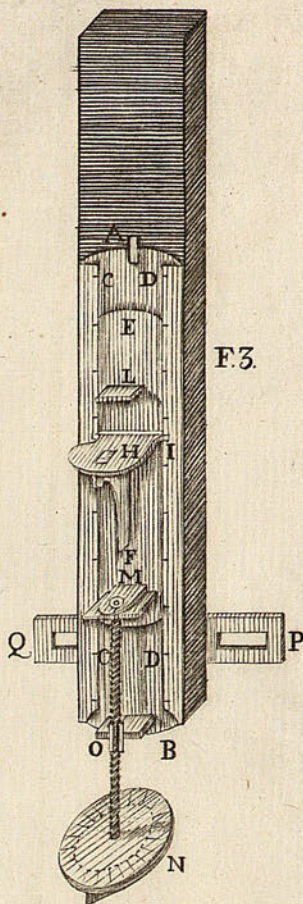
F. 6.



F. 7.

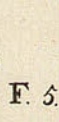


F. 3.

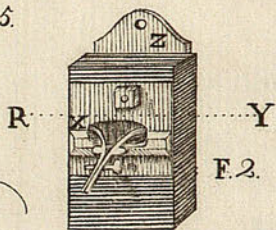


F. 1.

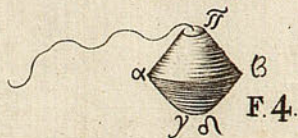
F. 7.



F. 5.



F. 2.



F. 4.







# INDICE

## Alphabetico de las Materias.

Los Numeros Romanos denotan las paginas de la Introduc-  
cion, y los otros las de la Obra.

### A

- Aberracion de la Luz de *M. Bradley*; no concuerda con algunas Observaciones. 286.
- Aberraciones de las Estrellas  $\epsilon$  de Orion,  $\theta$  de Antinous y  $\alpha$  de Aquario. 6. 16. 292.
- Academicos, que midieron el grado de Meridiano terrestre debaxo del Circulo Polar. xxvij.
- Academicos, que midieron el grado de Meridiano terrestre en el Equador. idem.
- Altura à la qual si los vivientes se elevàran, murieran, por falta del ambiente preciso para la respiracion. 124.
- Alturas de los Montes, ò Cerros, halladas por el Barometro, y confrontadas con las concluidas por Geometría practica. 120. 129.
- Alturas sobre la superficie del Mar de *Caraburu*, *Tarigagua*, *Guamac-Cruz*, *Quito*, *Cuenca*, *Riobamba*, *Yaruqui*, *Alausi*, *Cañar*, y el Cerro de *Pichincha*, concluidas por el Barometro. 130.
- Amplitud del arco, ò diferencia en Latitud entre los dos extremos de la Meridiana; su determinacion. 287. 290. 292. 294. 295.
- Anulo Astronomico; sus defectos. 26.
- Arco terrestre medido, para la determinacion del grado; ò distancia entre los Paralelos de los dos Observatorios. 213. 269.
- Atmosfera, pesa igualmente en todas partes. 111.
- Ayre, razon con la qual se dilata, y experiencias, que lo acreditan. 111. 112.
- sus varias dilataciones, como se pueden expresar por lineas. 115. 117.
- fe



Ayré, se dilata al infinito. 116.  
 sus densidades, y fuerzas elásticas son como las al-  
 turas del Mercurio en el Barometro. 116.

## B

Barómetro, quien le ideò, y perfeccionò. 102.  
 su descripcion, y propiedad. idem.  
 la altura del Mercurio en él, es proporcional à  
 la altura de la Atmosphaera, à las densida-  
 des, y à las fuerzas elásticas del Ayre. 103. 116.  
 la altura del Mercurio en él, se altera con el frio  
 y calor, igualmente, que por otros acci-  
 dentes. 104.  
 sus experiencias por què se emprendieron. 105.  
 Barómetro, experimentado en S. Luis, y en el Petit-Goavé. 106.  
 experimentado en Portovelo, Panamá, Chagres,  
 Manta, Guayaquil, Tarigagua, Guaranda,  
 Guamac-Cruz, Quito, Carabùru, Oyambaro, y  
 Tarnquí. 107.  
 experimentado en Carabùru, Oyambaro, Pamba-  
 marca, Tanlagua, Riobamba, Alausi, Cuenca,  
 Pichincha, Quito, Pucaguaicu, el Corazon,  
 Sinasaguan, y Cañar. 108.  
 sus diferencias de altura del Mercurio en la  
 Zona Torrida. 109.  
 sus diferencias de altura del Mercurio son menos  
 sensibles en la Zona Torrida, què en la  
 Templada; y menos en las alturas, ò emi-  
 nencias, que en los Valles. 109. 110.  
 à què altura se mantiene su Mercurio en la orilla,  
 ò superficie del Mar. 110.  
 la altura à que queda en él el Mercurio, yà de-  
 xando, ò sin dexar entrar Ayre grosero en  
 el Tubo, se expresa por una formula. 113.  
 determinan sus experiencias las alturas de los  
 Montes, ò Cerros. 117. 125. 127.  
 de-



Barometro, determiná las alturas de los Montès , ò Cerròs por una formula.	119.
experiencias hechas con èl por <i>M.M. de la Hire,</i> <i>y Cassini.</i>	123. 124.
Bafe, medida en el Llano de <i>Taruquì</i> , que sirviò de funda- mental, para la medida del grado terrestre.	146. 214.
Bases , medidas para rectificar las series de los Triangulos en las inmediaciones de <i>Cuenca.</i>	165. 224.

## C

Carta Espherica , su construccion , y propiedades.	350.
Elíptica, su construccion.	351.
Centros de gravedad, y oscilacion, lo que distan uno de otro; y varias opiniones sobre ello.	320.
Circulos concentricos de las divisiones de los Instrumentos; modo de construirlos , y yerro, que come- ten en su fabrica nuestros Escritores de Na- vegacion.	47. 48.
Correccion, que se debe hacer à las alturas correspondientes, que se tomaren de los Astros , para venir en conocimiento de la verdadera hora de su transito por el Meridiano.	83.
quando debe ser esta Correccion aditiva, sub- tractiva, y nula.	86.
curva del tercer genero , que forma esta Correc- cion.	87.
modo de calcularla.	87.
formula para calcularla.	85.

## D

Declinaciones; Ley que debèn guardar en sus mutaciones las del Sol, quando este Astro està cerca de los Tropicos.	13.
Dia-	



Diametros de la Tierra; razon en que se hallan; en la suposicion de ser esta una Elipsoide.	306.
su razon concluida por las experiencias del Pendulo, no es la misma, que la concluida por los grados medidos; pero à corto yerro que se suponga en las Observaciones, se hallan iguales.	333. 334.
su verdadera razon.	334. 336.
Diferencia de Meridianos entre <i>Cartagena</i> , y el <i>Petit-Goave</i> , concluida por una misma Observacion.	77.
Dilatacion, y Compresion de los Metales; Observaciones hechas sobre ellas por <i>M. M. Picard</i> , de la <i>Hire Newton</i> , y <i>Desaguliers</i> .	90.
Observaciones de <i>M. de Mairan</i> .	91.
de <i>M. Godin</i> , y <i>D. Forge Juan</i> .	92.
la que padecen en esto los Metales, Piedras, y Vidrio.	98.
que materia es menos sensible en esto, y por consiguiente mas propria, para hacer de ella fieles, ò medidas.	99. 100.

## E

Eclipses de Luna observados.	72. 73. 74. 75.
Eclipse de Luna particular.	74.
Elipse; su rectificacion.	337.
Esphericidad de la Tierra; motivos, que hicieron dudar sobre ella.	x.
Estrellas $\epsilon$ de Orion, $\theta$ de Antinous, y $\alpha$ de Aquario sus distancias del Zenith de <i>Guenca</i> .	281.
sus distancias del Zenith de <i>Pueblo viejo</i> .	285.
sus mutaciones en Declinacion, por lo que toca à sus movimientos en Longitud, ò precesion de los Equinoccios.	287.
sus Latitudes, Longitudes, y Declinaciones.	289.
sus Aberraciones.	292.
	sus



Estrellas, sus mutaciones en Declinacion; por lo que toca  
à la alteracion de la maxima Obliquidad  
de la Ecliptica. 294.

## F

Figura de la Tierra; opiniones, discursos, y reflexiones so-  
bre ella. ij.

Observaciones, que la han hecho creer  
hasta ahora perfectamente Esphe-  
rica. iij.

su Theorica dada por *M. M. Huygens*; y  
*Newton*. xij.

determinada Lata sin admitir la Hypo-  
thesis de su rotacion. xij.

su Theorica dada por *M. M. Huygens*, y  
*Newton*, es conforme à la que se  
observa en los Cielos con el Pla-  
neta Jupiter. xvij.

que varios tenían por cierta, y distinta  
de la determinada por *M. M. Huy-  
gens*, y *Newton*. xvij. xxij.

determinada Longa por la medida de la  
Meridiana, hecha por *M. M. Cassi-  
ni*; y razones, por las quales de-  
bía inferirse así. xx.

Longa, no admitida por *M. Newton*, y  
otros, sin embargo, que la me-  
dida de la Meridiana de la Francia  
parecía obligar à ello; y razones  
por què. xxij.

Longa, defendida por *M. de Mairan*. xxiv.

Longa, contravertida por *M. Desai-  
gailiers*, sin embargo de la defensa de  
*M. de Mairan*. idem.

Longa, la dada por *M. Cassini*, no con-



- viene con las experiencias del Pendulos. idem.
- necesidad de determinarla, por el yerro que en las Cieneias se cometía , en suponerla de distinta Figura de la verdadera. idem.
- mandada determinar por el Rey Christianissimo por medio de las medidas de dos grados de Meridiano, una hecha debaxo del Circulo Polar, y la otra de el Equador. xxvj.
- determinada por los grados medidos. 305.
- por las experiencias de el Pendulo. 332.
- Formula , para hallar el intervalo de tiempo, que debe passarse entre la hora à la qual se observa la altura Meridiana del Sol, quando està cerca de los Tropicos , y aquella en que sucede el Solsticio, ò la mutacion en Declinacion , que el Sol debe tener desde la hora de la Observacion, hasta que llega al Tropico. 12.
- Formula para deducir la correccion ; que se debe hacer à las alturas correspondientes, que se tomanen de los Astros , para venir en conocimiento de la verdadera hora de su tránsito por el Meridiano. 87.
- para hallar à què altura quedará el Mercurio en el Barometro , dexando introducir Ayre groffero en el Tubo. 113.
- para hallar las alturas de los Montes, ò Cerros por las experiencias del Barometro. 119. 127.
- para hallar la mutacion en Declinacion de las Estrellas, que procede de su movimiento en Longitud , ò precession de los Equinoccios. 289.
- para hallar la mutacion en Declinacion de las Estrellas , que procede de la alteracion de la maxi-



maxima Obliquidad de la Ecliptica.	293.
Formulas para hallar por los grados medidos la razon de los Diametros de la Tierra, suponiendo ser esta una Elipsoide.	308.
Formula para hallar el Centro de Oscilacion de un Cuerpo disminuido de otro menor semejante.	321.
para hallar el Centro de Oscilacion de un Cuerpo compuesto de dos semejantes.	322.
Formulas para hallar la magnitud de qualquier arco de Elipse, ò Meridiano de la Tierra.	338. 341. 343. 344.
Fuerza centrifuga, su explicacion, y propiedades.	xij.

## G

Grado Terrestre, medido por varios:	vij.
su distinta determinacion, ò valor, dada por <i>Snellio</i> , y el <i>P. Ricciolo</i> , y yerro, que de ello podia resultar en las Ciencias.	viii.
medido por <i>M. Picard</i> .	idem.
medido por <i>M.M. Cassins</i> .	xix.
Grados de Meridiano Terrestre, si son mayores, al passo que estan mas proximos à los Polos, la Tierra debe ser Lata, y no Espherica, ni Longa.	xxi.
Grado de Meridiano Terrestre, modo de medirle.	145.
su conclusion en quanto à su magnitud se hace mas justificada, quanto mayor fuere el arco medido, que lo determinare.	167. 296.
Grado del Meridiano Terrestre, contiguo al Equador, su valor.	295. 297.
baxo del Circulo Polar, su valor.	305.
de la Francia.	idem.
Grado de Paralelo Terrestre medido en Francia.	335.



Grados de Meridiano; razon en que se hallan los dos: esto es, el inmediato al Equador, y y el inmediato al Polo.	309. 310.
razon en que se hallan los excessos de aquellos de distintas Latitudes sobre el contiguo à el Equador.	310.
razon en que se hallan con el del mismo Equador.	311.
Grado de Meridiano, que es igual al del mismo Equador.	312.
Grados, y arcos del Meridiano Terrestre, sus valores en toefas del <i>pie de Rey de Paris</i> .	346.
Gravedad; razon en la qual actua à distintas distancias del centro de la Tierra, concluida por las Experiencias del Pendulo.	327.
razon en la qual actua, segun las diversas Latitudes de los Lugares, concluida por las Experiencias del Pendulo.	331.

## I

Immersiões, y Emerisiones de los Satelites de Jupiter observadas.	70.
Instrumento con el qual se hizo la Observacion de la maxima Obliquidad de la Ecliptica.	4.
con el qual se hicieron las Observaciones Astronomicas, para venir en conocimiento de la amplitud del arco, su descripcion.	270.
su verificacion.	275.
con el qual se hicieron las experiencias del Pendulo.	315.

## L

Latitud de la Cayenna.	x.
de Cartagena.	29. 30.
La.	



Latitud de <i>Portovelo</i> , y <i>Cruces</i> .	31.
de <i>Panamà</i> , y <i>Manta</i> .	32.
de <i>Guayaquil</i> .	33.
del <i>Caracol</i> , <i>Guaranda</i> , y <i>Hambaro</i> .	34.
de <i>Latacunga</i> , y <i>Quito</i> .	35.
de <i>Cayambe</i> , <i>Oyambaro</i> , <i>Caraburu</i> , y <i>Riobamba</i> .	36.
de los <i>Azogues</i> , <i>Cuenca</i> , <i>Tumbez</i> , <i>Amotape</i> , y <i>Piura</i> .	37.
de <i>Sechura</i> , <i>Lambayeque</i> , <i>S. Pedro</i> , <i>Chocope</i> , y <i>Truxillo</i> .	38.
de <i>Birù</i> , <i>Santa</i> , <i>Guarmey</i> , <i>Guaaura</i> , y <i>Chancay</i> .	39.
de <i>Lima</i> , y <i>Paíta</i> .	40.
de <i>Valparaíso</i> , y <i>Talcaguano en la Concepcion</i> .	41.
de varios Lugares de la Costa entre <i>Cabos Passado</i> , y <i>S. Francisco</i> .	42.
de <i>Atacames</i> , <i>Esmeraldas</i> , <i>Salinches</i> , <i>Nono</i> , y <i>la Canoa</i> .	idem.
del <i>Guarico</i> , ò <i>Cabo Francès</i> .	43.
de <i>Quito</i> , <i>Cuenca</i> , y <i>Pueblo-viejo</i> mucho mas exactas.	44. 45.
Legua Española; su magnitud, y quantas contiene un Grado.	297.
Longitudes de los Lugares; modo de observarlas.	65.
Longitud de <i>Quito</i> , <i>Cartagena</i> , <i>Lima</i> , <i>Caye S. Louis</i> , y <i>el Petit-Goave</i> .	82.
de <i>el Guarico</i> , ò <i>Cabo Francès</i> .	83.
Luz; con què <u>velocidad</u> se mueve.	138.

## M

Medidas, las de los antiguos no nos pueden dar exactitud ninguna en estos tiempos.	vij.
Medida universal establecida por <i>M. Huygens de Zulichem</i> .	x.
Medidas; se deben siempre tomar con atencion al <i>Thermometro</i> , para que sean justificadas.	100.
<i>Estrangeras</i> ; razon en que se hallan con la <i>Vara Castellana</i> .	304.

Me-



Meridiana de la Francia medida por <i>M. M. Cassinis</i> .	xx.
nuevamente medida por <i>M. Cassini</i> de <i>Thury</i> .	xxviii. 305.
Meridianos Terrestres, su magnitud.	336. 343.
Montes, ò Cerros; los de la America son mas altos que los de Europa.	130.
altura de los llamados el <i>Canigon</i> de los <i>Perineos</i> , y <i>Gemmi</i> de los <i>Cantones</i> , que son de los mas altos de Europa.	131.
altura del <i>Pico de Tenerife</i> .	idem.
el <i>Chimborazo</i> en el Reyno de <i>Quito</i> es de los mas altos del Mundo.	idem.

## N

Navegación; correcciones, que se deben hacer à esta; y à la Tabla de partes Meridionales; que sirven en su uso, por motivo de ser la Tierra Lata, y no perfectamente Espherica.	348.
Navegacion practica sobre la Elipsoide, ò verdadera Figu- ra de la Tierra, y varios exemplos, y Problemas para su mejor inteligencia.	390.

## O

Obliquidad de la Ecliptica; quan util es observarla.	1.
varia.	2. 18.
mejor modo de observarla.	3.
Instrumento con que se observò.	4.
sus Observaciones hechas en <i>Quito</i> .	5.
conclusion de la maxima por las Observaciones.	18.
Observaciones de Latitud, modo de hacer el calculo en ellas.	27.
	Ob-



Observaciones correctas de la distancia Meridiana del	
centro del Sol al Zenith de <i>Quito</i> .	14. 17.
modo de corregirlas de lo que se adelan-	
ta, ò atrafa el Relox.	69.
de Azimuth.	181. 261.
hechas en <i>Cuenca</i> para determinar la am-	
plitud del arco.	277.
hechas en <i>Pueblo-viejo</i> para determinar	
la amplitud del arco.	283.

## P

Partes Meridionales, su invencion , y propiedades.	350.
la Tabla de ellas de <i>M. Murdoch</i> es	
necessario aumentarla , y corre-	
girla.	351.
methodo de construir la Tabla Elipti-	
ca de ellas,	352.
que se deben usar hoy en dia en la	
Navegacion.	355.
Pendulos isochronos; su diversa longitud descubierto por	
<i>M. Richer</i> .	x.
su diversa longitud atribuida falsa-	
mente a los efectos del frio, y	
calor.	xj.
verdadera causa , que los hace de dis-	
tinta Longitud en distintas La-	
titudes.	idem.
su diversa Longitud confirmada por	
las experiencias de otros muchos	
Astronomos.	xij.
Pendulo simple, sus Experiencias por què se executaron.	313.
modo de hacerlas.	317.
hechas en <i>Quito</i> .	326.

Pen.



Pendolo simple, sus experiencias hechas en el <i>Guarico</i> ; ò	
<i>Cabo Francès.</i>	329.
Pendolo simple, que oscila los segundos de tiempo medio,	
su verdadera Longitud en <i>Quito.</i>	idem.
en la Cumbre de <i>Pichincha.</i>	327.
en el Equador al Nivèl del Mar.	328.
en el <i>Guarico.</i>	330.
en <i>París.</i>	idem.
baxo del Circulo Polar.	331.
en qualquiera Latitud.	347.
Perpendiculares, las tiradas à la Superficie Terrestre no se	
juntan de ordinario en el Centro de la	
Tierra.	152. 308.
Pesadez de los Cuerpos, su Theorica dada por <i>M. M. Huy-</i>	
<i>gens</i> , y <i>Newton</i> , en quanto à que	
debe ser distinta en distintas <i>Latitudes.</i>	xij.
Pie de <i>París</i> , su razon con la Vara Castellana.	100.

## Q

Quartò de Circulo; su descripcion.	46.
sirve de la mas exacta Plancheta.	51.
modo de examinar sus divisiones.	155.
quien le adaptò los Anteojos.	ix.

## R

Refracciones Terrestres; no son constantes.	153. 176.
Reglas dadas por varios, para hallar las alturas de los	
Montes, ò Cerros por las experiencias del	
Barometro falsificadas.	126. 127.
Relox de Pendulas; modo de arreglarle por las alturas cor-	
respondientes de los Astros, tomadas antes, y	
despues de sus transitos por el Meridiano.	67.
	Se-



# S V

Series de Triangulos para medir el arco Terrestre.	158. 217.
su resolucion.	169. 226.
Serie de los mismos Triangulos, reducidos à horizontales.	255.

# T

Tablas de Paralaxe, Refraccion, y Semidiametros del Sol.	23.
de las Declinaciones del Sol nuevamente construidas, con correccion para apropiarlas à qualquiera Obliquidad de la Ecliptica.	55.
su explicacion, y uso.	52.
de las distancias que havia de unas señales à otras, que formaban las Series de Triangulos, con que se determinò la magnitud del arco Terrestre.	173. 226.
de las distancias horizontales de unas Señales à otras.	18. 246. 252.
Tabla de los angulos de altura de unas Señales respecto de otras.	175.
de las alturas de unas Señales respecto de otras.	249.
de las inclinaciones de los lados Occidentales de la Serie de Triangulos respecto del Meridiano.	199.
de las alturas de las Señales sobre la Superficie del Mar.	209.
de las distancias entre los paralelos de las Señales.	213. 267.
del valor de los grados, y arcos del Meridiano Terrestre en toefas del <i>Pie de Rey de Paris</i> , y en minutos del Ecuador.	346. 389.
de la longitud, que debe tener el Pendulo simple en qualquiera latitud, para que oscile los segundos de tiempo medio.	347.
nueva de partes Meridionales para la Elipsoide, ò verdadera Figura de la Tierra, cuya razon de Diametros es la de 266. à 265.	355.
Tierra, que magnitud le dieron nuestros antiguos.	iii.
medida por Eratosthenes Prefecto.	v.
su verdadera magnitud.	336.
Ff	Vara



# V

Vara castellana, su razón con el <i>Pie de Rey de París</i> :	100.
Velocidad del Sonido, definicion de esta voz.	132.
diez y nueve questiones sobre ella:	idem.
danse resueltas las mas de las diez y nueve questiones.	134.
resolvieronse en <i>Quito</i> algunas questiones, que no pudieron resolverse en Eoropa.	135.
quanta sea, ò lo que anda el Sonido por un segundo de tiempo.	134. 135. 140.
sus experiencias acreditan la Theorica de <i>M. Newton</i> .	140.
aplicase à resolver algunos Problemas de de Geometría, y Navegacion.	142.
con una experiencia de ella se puede, con mucha facilidad, levantar el Plano de un Puerto, y estado de Armada; y assi mismo, medir las distancias de unos Navios à otros.	idem.
Velocidad con que se mueve la Luz.	138.

# Y

Yerro, que el Anteojo del Quarto de Circulo causa en las Observaciones, y modo de corregirle.	49.
---	-----















